Eine Kosten-Nutzen-Analyse für den Parkplatz

Ansätze und Methoden

Julian Ulrich

Betreuer:
Prof. Dr. Kay W. Axhausen
Raphael Fuhrer

Projektarbeit
Studiengang Bauingenieurwissenschaften **Dezember 2017**

IVT Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme
Institute for Transport Planning and Systems

ETH
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

Eigenständigkeitserklärung

Die unterzeichnete Eigenständigkeitserklärung ist Bestandteil jeder während des Studiums verfassten Semester-, Bachelor- und Master-Arbeit oder anderen Abschlussarbeit (auch der jeweils elektronischen Version).

Die Dozentinnen und Dozenten können auch für andere bei ihnen verfasste schriftliche Arbeiten eine Eigenständigkeitserklärung verlangen.

Ich bestätige, die vorliegende Arbeit selbständig und in eigenen Worten verfasst zu haben. Davon ausgenommen sind sprachliche und inhaltliche Korrekturvorschläge durch die Betreuer und Betreuerinnen der Arbeit.

Titel der Arbeit (in Druckschrift):

Eine Kosten-Nutzen-Analyse für den Parkplatz
Ansätze und Methoden

Verfasst von (in Druckschrift):
Bei Gruppenarbeiten sind die Namen aller Verfasserinnen und Verfasser erforderlich.

Name(n):	**Vorname(n):**
Ulrich	Julian

Ich bestätige mit meiner Unterschrift:
- Ich habe keine im Merkblatt „Zitier-Knigge“ beschriebene Form des Plagiats begangen.
- Ich habe alle Methoden, Daten und Arbeitsabläufe wahrheitsgetreu dokumentiert.
- Ich habe keine Daten manipuliert.
- Ich habe alle Personen erwähnt, welche die Arbeit wesentlich unterstützt haben.

Ich nehme zur Kenntnis, dass die Arbeit mit elektronischen Hilfsmitteln auf Plagiate überprüft werden kann.

Ort, Datum	**Unterschrift(en)**
Zürich, 18. Dezember 2017	J. Ulrich

Bei Gruppenarbeiten sind die Namen aller Verfasserinnen und Verfasser erforderlich. Durch die Unterschriften bürgen sie gemeinsam für den gesamten Inhalt dieser schriftlichen Arbeit.

Danksagung

Ich möchte allen danken, die mich während der Erstellung der Projektarbeit `Eine Kosten-Nutzen-Analyse für den Parkplatz` stets unterstützt und zu deren Gelingen beigetragen haben.

Ein besonderer Dank geht an die Betreuer Prof. Dr. Kay W. Axhausen und Herrn Raphael Fuhrer vom Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT) der ETH Zürich. Sie begleiteten mich während der gesamten Arbeit und unterstützten mich mit hilfreichen Ratschlägen und Anmerkungen.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 3

2 Grundlagen 4

2.1 Bestehende Regulationen 4

2.2 Bestehende Normen 6

2.3 Überblick Kosten-Nutzen-Analyse 7

3 Ansätze und Methoden 11

3.1 Projektdefinition 11

3.2 Nutzen- und Kostenelemente 13

4 Ergebnisse 66

4.1 Nutzen- und Kostenelemente 66

4.2 Vergleich mit VSS-Norm SN 641 820 70

5 Schlussfolgerung 72

6 Literatur 73

6.1 Titelbild 73

6.2 Text 73

Projektarbeit Bauingenieurwissenschaften

Eine Kosten-Nutzen-Analyse für den Parkplatz

Ansätze und Methoden

Julian Ulrich
ETH Zürich
Bresteneggstrasse 11
CH – 6460 Altdorf UR

Telefon: +41- 78 614 32 23
julrich@student.ethz.ch

Dezember 2017

Kurzfassung

Um die steigende Nachfrage an Parkplätzen zu decken, wird das Parkplatzangebot häufig durch eine Baupflicht bei Neubauten, Umbauten und Nutzungsänderungen geregelt. Eine situationsbezogene Gegenüberstellung der Nutzen und Kosten wird nicht durchgeführt, obwohl eine normierte Kosten-Nutzen-Analyse im Strassenverkehr existieren würde. Dadurch werden relevante Auswirkungen auf Gesellschaft, Wirtschaft und Umwelt nur zweitrangig berücksichtigt und grob abgeschätzt. Aus diesem Grund setzt sich diese Arbeit mit der Anwendbarkeit einer Kosten-Nutzen-Analyse für den Parkplatz auseinander. Dabei werden die relevanten Nutzen- und Kostenelemente analysiert, beurteilt und monetarisiert. Der Fokus liegt auf der Bereitstellung des Parkplatzes. Die Auswirkungen durch die verkehrsbezogenen Veränderungen und der Nutzen der herbeigeführten Aktivität werden grob besprochen und deren Zusammenhänge aufgezeigt.

Die Beurteilung der Nutzen- und Kostenelemente basiert auf verschiedenen Annahmen und Vereinfachungen. Zudem werden vergleichbare Referenzwerte benötigt, um gewisse Faktoren abzuschätzen. Trotzdem wurden Ansätze und Methoden für die Durchführung einer Kosten-Nutzen-Analyse für den Parkplatz entwickelt. Um jedoch einen aussagekräftigen Nettobarwert zu erhalten sind weitere Schritte notwendig.

Schlagworte

Parkplatz, Kosten-Nutzen-Analyse, VSS-Norm, Parkplatzbewirtschaftung

Zitierungsvorschlag

Ulrich, J. (2017) Eine Kosten-Nutzen-Analyse für den Parkplatz, Projektarbeit, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), ETH Zürich, Zürich.

Project Work Civil Engineering

A cost-benefit analysis for parking

Approaches and methods

Julian Ulrich
ETH Zürich
Bresteneggstrasse 11
CH – 6460 Altdorf

Teleph.: +41- 78 614 32 23
julrich@student.ethz.ch

December 2017

Abstract

In order to meet the increasing demand for parking space, the supply of parking space is often regulated by minimum parking requirements for new buildings, conversions and changes in use. A situational comparison of benefits and costs is not carried out, although a standardized cost-benefit analysis would exist in road transport. This means that relevant impacts on society, economy and environment are only considered in a minor way and are estimated roughly. For this reason, this paper deals with the applicability of a cost-benefit analysis for parking. The relevant benefit and cost elements are analyzed, assessed and monetized. The focus lies on the elements of a parking space itself. The effects of traffic-related changes and the benefits of the enabled activity will be discussed and their interrelationships will be highlighted.

The assessment of the benefit and cost elements is based on various assumptions and simplifications. In addition, comparable reference values are used to estimate certain factors. Nevertheless, approaches and methods for carrying out a cost-benefit analysis for parking were found. However, further steps are necessary to obtain a meaningful net present value.

Keywords

Parking, Cost-Benefit Analysis, VSS-Norm, Parking management

Preferred citation style

Ulrich, J. (2017) Eine Kosten-Nutzen-Analyse für den Parkplatz, Project Work, Institute for Transport Planning and Systems (IVT), ETH Zurich, Zurich.

1 Einleitung

In der Schweiz hat die Parkplatzanzahl für Personenwagen in den letzten Jahren stark zugenommen. Gemäss Bundesamt für Statistik umfasste ihre Fläche im Jahr 2009 64 km^2, was ca. 8'964 Fussballfeldern oder ca. der Hälfte des Vierwaldstättersees mit einer Fläche von 114 km^2 entspricht (BAFU, 2016). Aufgrund der weiterhin ansteigenden Nachfrage an Parkplätzen durch den tendenziell landesweit ansteigenden Motorisierungsgrad (BfS, 2017) und der häufig vorherrschenden Baupflicht bei Neubauten, Umbauten und Nutzungsänderungen kommen stetig neue Parkplätze hinzu. In der Regel werden dafür Kennziffern wie Geschossfläche, Anzahl Bewohner, Besucher oder die Nachfrage aus Verkehrsmodellen verwendet, um ihre Anzahl und Notwendigkeit abzuschätzen. Dies basiert auf Richtwerten, wobei spezifische Verhältnisse von Fachleuten aufgrund Erfahrungen berücksichtigt werden. Eine detaillierte situationsbezogene Gegenüberstellung von Kosten und Nutzen wird nicht durchgeführt, obwohl eine Norm für die Kosten-Nutzen-Analyse (VSS-Norm SN 641 820) existieren würde. Diese wird jedoch standardmässig für neue Tunnelabschnitte oder Autobahnen durchgeführt und dient nie als Entscheidungsgrundlage für den Bau eines Parkplatzes. Relevante Faktoren wie Auswirkungen auf Gesellschaft, Wirtschaft und Umwelt werden dadurch nur zweitrangig mitberücksichtigt und grob abgeschätzt. Zudem führt die Baupflicht zu einer Nutzung des knapp vorhandenen Bodens, obwohl der effektive Nutzen womöglich dagegensprechen würde. Die Planung des Parkplatzangebots basiert heutzutage somit auf deren Nachfrage, während viele andere Verkehrsinfrastrukturen sich am effektiven Nutzen orientieren. Noch ist unklar, ob eine Kosten-Nutzen-Analyse für den Parkplatz anwendbar ist. Aus diesem Grund setzt sich diese Arbeit mit deren potentiellen Anwendung auseinander. Dabei wird auf relevante Nutzen- und Kostenelemente, die Monetarisierungsansätze und die Komplexität der Auswirkungen neuer Parkflächen eingegangen.

2 Grundlagen

2.1 Bestehende Regulationen

2.1.1 Nationale Ebene

Auf nationaler Ebene regelt das Bundesgesetz über die Raumplanung (RPG) die groben Richtlinien hinsichtlich der Nutzung des Bodens. Dabei wird die Verantwortlichkeit von Bund, Kanton und Gemeinden für die haushälterische Nutzung des Bodens festgehalten. Zudem sollen gemäss Art. 1 RPG unter anderem Massnahmen gefördert werden, die die natürlichen Lebensgrundlagen wie Boden, Luft, Wasser, Wald und Landschaft schützen, wohnliche Siedlungen und räumlichen Voraussetzungen für die Wirtschaft schaffen und erhalten, wie auch das soziale, wirtschaftliche und kulturelle Leben in den einzelnen Landesteilen fördern und auf eine angemessene Dezentralisation der Besiedelung und der Wirtschaft hinwirken. Ausserdem sollen Grundsätze verfolgt werden, die auf der einen Seite Landschaft, Erholungsräume und Wohngebiete vor schädlichen Einwirkungen wie z.B. Luftverschmutzung und Lärm schonen, auf der anderen Seite eine ausreichende Erschliessung garantieren um eine positive Entwicklung der Wirtschaft und Kultur zu gewährleisten (RPG, 2012). Folglich dient das RPG als Grundlage für die kantonale Regelung des Parkplatzangebots und geht nicht weiter spezifisch darauf ein.

2.1.2 Kantonale Ebene

Der Kanton Zürich dient als Beispiel für die Handhabung des Parkplatzangebots auf kantonaler Stufe. Dessen Regelung bezieht sich auf ein Gebiet mit hohem Verkehrsaufkommen (Stadtgebiet), hoher Anzahl an Betroffenen und wenig vorhandenem freiem Boden. Daher deckt die Regelung des Kantons Zürich die Eckpunkte der Beurteilung des Parkplatzangebots mit dessen Nutzen- und Kostenelementen ab. Zudem spiegelt es das grobe Vorgehen vieler Kantone in der Schweiz wieder, obwohl dessen Beurteilung teilweise andere Richtwerte und Zusatzregelungen beinhalten. Im Kanton Zürich regelt das Planungs- und Baugesetz (PBG) in den §242 - 247 die Erstellungspflicht von Parkplätzen. Gemäss §242 PBG legt die kommunale Bau- und Zonenordnung die Zahl der erforderlichen Parkplätze aufgrund örtlichen Verhältnissen, Angebot des öffentlichen Verkehrs sowie Ausnützung und Nutzweise des Grundstücks fest. §243 PBG definiert die Erstellungspflicht für Neubauten, Umbauten und Nutzungsänderungen und §244 PBG den Standort des Parkplatzes auf dem Baugrundstück oder in nützlicher Entfernung. In Bezug auf die Erstellung von öffentlichen Gemeinschaftsanlagen besitzt der Gemeinderat und die örtliche Baubehörde aufgrund §245 PBG die Befugnis sie im

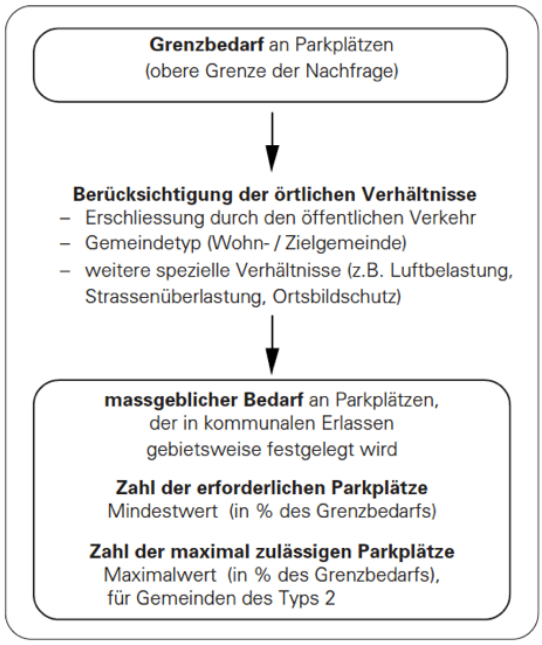
baurechtlichen Bewilligungsverfahren zu verfügen, wenn ein öffentliches Interesse vorherrscht (PBG, 2017). Basierend auf den relevanten Artikeln des PBGs besitzt im Kanton Zürich somit die kommunale Ebene das Recht auf die quantitative Regelung des Parkplatzangebots. Eine allfällige Anpassung der kommunalen Vorschriften können nicht durch die kantonale Ebene erzwungen werden. Es besteht jedoch die Möglichkeit Vorschläge auszuarbeiten und dessen Berücksichtigung den Gemeinden zu empfehlen (Baudirektion Kanton Zürich, 1997). In anderen Kantonen wie z.B. im Kanton Solothurn werden hingegen bereits in der kantonalen Bauverordnung die Richtwerte des Parkplatzangebots geregelt. Diese verweisen teilweise auf die VSS-Norm SN 640 281 oder bestehen aus eine Kombination aus Norm und eigenen Richtwerten (KBV, 2013).

2.1.3 Kommunale Ebene

Sofern keine Richtwerte auf kantonaler Ebene vorgegeben werden, regelt die Bau- und Zonenordnung (BZO) mit allfälligen Zusatzverordnungen die Beurteilung des Parkplatzangebots auf kommunaler Ebene. Die Gemeine Küsnacht im Kanton Zürich besitzt diese Befugnis. Gemäss Art. 38 Abs. 1 der Küsnachter BZO wird für gewisse Nutzungsarten eine Mindestanzahl der Fahrzeugabstellplätze vorgeschrieben. Während diese von der VSS-Norm SN 640 281 abweichen, verweist Art. 38 Abs. 4 BZO auf die Verwendung der Norm bei besonderen Nutzweisen (BZO, 2014). Dieses grundlegende Vorgehen der Verwendung von eigenen Richtwerten und Zuhilfenahme der VSS-Norm SN 640 281 findet man somit in der kantonalen und kommunalen Ebene wieder. Die Richtwerte der Norm dienen daher als Grundlage für die Beurteilung des Parkplatzangebots, die jedoch aufgrund der eigenen lokalen Bedürfnisse angepasst und verändert werden können. Die Anzahl an benötigten Parkfeldern wird gemäss Abbildung 1 festgelegt. Für die Ermittlung des Grenzbedarfs (obere Grenze der Nachfrage) an Parkfeldern wird, wie bereits erwähnt, üblicherweise die VSS-Norm SN 640 281 beigezogen. Sie legt die Anzahl benötigter Parkfelder für die jeweilige Nutzungsart der Bauten oder Anlagen in Abhängigkeit vom Nutzer (Bewohner, Beschäftigte, Besucher und Kunden) fest. Dieser Richtwert orientiert sich an der benötigten Parkfelderanzahl für Autos unter Berücksichtigung eines Anteils des Velo-/Mofa- und Fussgängerverkehrs und verwendet als Bezugsfläche meistens die Geschossfläche. Für die Ermittlung des massgeblichen Bedarfs wird das Gebiet anhand deren Erschliessung durch den öffentlichen Verkehr und des Gemeindetyps kategorisiert. Dabei wird in ÖV-Güteklasse (Art des Verkehrsmittels, Kursintervall, Erreichbarkeit der Haltestelle) wie auch in Gemeinden mit grossem und kleinem Verkehrsaufkommen unterschieden. Aufgrund der Einstufung mit Berücksichtigung weiterer Einflussgrössen wie öffentliches Interesse, Ortsbild und Luftbelastung wird eine Spannbreite

des Grenzbedarfs ermittelt, welche einen Spielraum für die Beurteilung im Einzelfall wiedergibt (Baudirektion Kanton Zürich, 1997).

Abbildung 1 Vorgehen für die Anzahl erforderlicher Parkfelder



Quelle: Baudirektion Kanton Zürich, 1997, Seite 3

2.2 Bestehende Normen

2.2.1 Angebot an Parkfeldern für Personenwagen

Die VSS-Norm SN 640 281 regelt das zweckmässige Angebot an Parkfeldern für Personenwagen. Bei der Anwendung sind jedoch die übergeordneten raumplanerischen und umweltpolitischen Zielsetzungen, das öffentliche Interesse, wie auch die kantonalen und kommunalen Bestimmungen zu berücksichtigen. Zudem wird die Notwendigkeit von Fachleuten erwähnt, um den Einzelfall, welcher unter Umständen nicht in der Norm explizit angesprochen wird, zu beurteilen und angemessen einzubeziehen. Für die Ermittlung des Angebots an Parkfeldern werden zwei Verfahren unterschieden (SN 640 281, 2013):

- Vereinfachtes Verfahren mit geringer zugehöriger Verkehrsintensität

Das vereinfachte Verfahren wird für Wohnnutzungen bei einem Parkplatzbedarf von bis zu 300 oder einem motorisierten Individualverkehrsaufkommen von bis zu 1'500 Fahrten pro Tag angewendet. Dabei wird wie im Kapitel 2.1.3 vorgegangen. Abhängig von der Art der Nutzung und dem Nutzer des Parkplatzes wird ein Richtwert festgelegt. Dieser wird anhand der örtlichen Gegebenheiten (Erschliessung ÖV, Anteil Langsamverkehr) in einen Standorttypen eingestuft, mit welchem eine Spannbreite für das Parkplatzangebot ermittelt werden kann. Dabei sind Mehrfachnutzungen und abweichende örtliche Gegebenheiten speziell zu berücksichtigen.

- Detailliertes Verfahren mit erhöhter zugehöriger Verkehrsintensität

Das detaillierte Verfahren wird bei einem Parkplatzbedarf von über 300 oder einem motorisierten Individualverkehrsaufkommen über 1'500 Fahrten pro Tag angewendet. Dabei wird das benötigte Parkplatzangebot mittels einer Verkehrsanalyse (z.B. Verkehrsmodell) ermittelt und deren Auswirkungen mit den gegebenen Zielsetzungen überprüft. Werden die Ziele nicht erreicht, werden Anpassungen durchgeführt bis sie sich im Einklang befinden.

2.2.2 Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr

Die VSS-Norm SN 641 820 regelt die Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr. Dabei werden die Nutzen- und Kostenelemente in einer einheitlichen Bezugseinheit zu einem Zeitpunkt gegenübergestellt und so die Effizienz des Projekts abgeschätzt (SN 641 820, 2006). Obwohl die Anwendung der Norm grundsätzlich auch für die Erstellung eines Parkplatzes gilt, wird sie aufgrund deren Abweichungen und Komplexität zurzeit nie für die Beurteilung des Parkplatzangebots verwendet. Während die Beurteilung des Parkplatzangebots somit auf deren Nachfrage basiert, orientiert sich die Planung vieler anderer Verkehrsinfrastrukturen am effektiven Nutzen des Projekts. Das grundlegende Vorgehen einer Kosten-Nutzen-Analyse wird in Kapitel 2.3 erläutert.

2.3 Überblick Kosten-Nutzen-Analyse

Die Kosten-Nutzen-Analyse wird als Unterstützung bei der Entscheidungsfindung durchgeführt. Dabei wird der Status quo (= Referenzfall) mit der potentiellen Situation aufgrund des Entscheids verglichen und Nutzen und Kosten abgeschätzt. Der ermittelte Barwert spiegelt den effektiven Nutzen über die betrachtete Dauer wieder. Wird dies für verschiedene

Alternativen durchgeführt, können diese gegenübergestellt werden. Die Alternative mit dem höchsten Barwert ist gemäss Kosten-Nutzen-Analyse normalerweise die beste. Da jedoch je nach Situation verschiedene Präferenzen oder andere Einflussgrössen die endgültige Entscheidung mitprägen können, dient die Kosten-Nutzen-Analyse lediglich als Unterstützung für die Entscheidungsfindung.

Folgende neun Schritte werden in der Kosten-Nutzen-Analyse durchgeführt (Boardman, 2001):

1. Mögliche Varianten, Projektdefinition

Zu Beginn der Kosten-Nutzen-Analyse muss ein Überblick über die Situation geschaffen werden. Wie sieht die erwartete Situation aus (Referenzfall)? Was sind mögliche Lösungen/Varianten? Dabei wird das Projekt örtlich und zeitlich abgegrenzt, d.h. Betrachtungszeitraum und Untersuchungsraum festgelegt.

2. Relevante Nutzen- und Kostenelemente (Indikatorensystem)

Im zweiten Schritt wird entschieden, welche Teilbilanzen berücksichtigt werden und welche Nutzen resp. Kosten somit relevant werden. Werden regionale oder globale Faktoren berücksichtigt? Werden die Varianten aus Sicht des Betreibers, Nutzers oder Staats beurteilt?

3. Auswirkungen und deren Messindikatoren (Mengengerüst)

Die Auswirkungen jeder Alternative werden im Vergleich zum Referenzfall ermittelt und in Nutzen und Kosten kategorisiert. Beispiele hierfür sind Zeiteinsparungen, tiefere Betriebskosten o.Ä. Zudem werden Indikatoren wie Veränderung der Fahrzeugkilometer festgelegt, um diese Auswirkungen zu bestimmen und zu beurteilen.

4. Beurteilung der Auswirkungen

Wurden die Auswirkungen und Indikatoren festgelegt, werden sie üblicherweise für jedes Jahr über die Untersuchungsdauer ermittelt. Treten bestimmte Auswirkungen nur zu bestimmten Zeiten auf, z.B. Belagserneuerung, werden sie nur für die entsprechenden Jahre berücksichtigt.

5. Bewertung der Auswirkungen (Wertgerüst)

Um die Auswirkungen zu vergleichen, werden sie monetarisiert. Dabei werden sie in einen Geldwert umgerechnet und gegenübergestellt. Die Monetarisierungsansätze basieren auf den marktüblichen Preisen. Sind jedoch keine Marktpreise vorhanden, wird wenn möglich der Schadenkosten-, Vermeidungskosten- oder Reparaturkostenansatz verwendet (SN 641 820, 2006).

6. Auf- oder Abzinsen der Kosten und Nutzen bis zum gewünschten Zeitpunkt

Der Einfluss über die Jahre muss auf einen Vergleichszeitpunkt auf- bzw. abgezinst werden. Da jede Auswirkung nun einen Geldwert besitzt, kann dies mit folgender Formel durchgeführt werden:

$$BW\,(K, N) = \sum_{t=0}^{n} \frac{K_t, N_t}{(1+s)^t} \qquad (1)$$

BW: Barwert [CHF]
t: Jahr [a]
n: Untersuchungsdauer [a]
s: Diskontsatz [-]
K_t, N_t: Kosten oder Nutzen im Jahr t [CHF]

7. Barwert jeder Alternative

Der Barwert der Nutzen und Kosten über die Untersuchungsdauer wurde ermittelt. Nun kann der Nettobarwert (NBW) bestimmt werden:

$$NBW = BW(N) - BW(K) \qquad (2)$$

Ist der Nettobarwert positiv, überwiegt der Nutzen gegenüber den Kosten der untersuchten Variante im Betrachtungszeitraum. Somit generiert sie einen höheren Wert als der Status quo. Ist der Wert hingegen negativ, ist die erwartete Situation ohne Projekt zu bevorzugen. Werden verschiedene Alternativen betrachtet, kann nun die potentiell beste Alternative mit dem höchsten Wert ermittelt werden. Als weiterer Kennwert sollte bei mehreren Varianten das Nutzen-Kosten-Verhältnis berücksichtigt werden. Sobald das Verhältnis grösser als 1 ist, überwiegt der Nutzen die Kosten. Während beide Kennwerte dieselbe Aussage über den Vergleich zum Referenzfall wiedergeben, beurteilt das Nutzen-Kosten-Verhältnis (NKV) zudem die Grössenordnung (Skala) der Alternative:

$$NKV = \frac{Nutzen}{Kosten} \qquad (3)$$

Tabelle 1 Vergleich Nettobarwert und Nutzen-Kosten-Verhältnis

Variante	Nutzen [CHF]	Kosten [CHF]	NBW [CHF]	NKV [-]
Variante 1	100	60	40	1.67
Variante 2	15	8	7	1.88

Das Beispiel in Tabelle 1 zeigt auf, dass beide Varianten einen positiven Nettobarwert herbeiführen. Obwohl Variante 1 einen höheren Wert aufweist, spricht das Nutzen-Kosten-Verhältnis aufgrund der tieferen Kosten pro zusätzlichen Nutzen für die Variante 2. Oft werden beide Kennwerte benötigt, um eine ausreichende Grundlage für die endgültige Entscheidung zu besitzen.

8. Sensitivitätsanalyse

Die Durchführung einer Kosten-Nutzen-Analyse ist mit verschiedenen Annahmen verbunden. Neben den vorhergesagten Auswirkungen sind auch die Monetarisierungsansätze und der verwendete Diskontsatz schwierig festzulegen. Aus diesem Grund werden Sensitivitätsanalysen durchgeführt, die diese Unsicherheiten auf Robustheit überprüfen.

9. Empfehlung

Der ermittelte Nettobarwert ist ein Indikator für den effektiven Nutzen des Projekts. Daher wird normalerweise das Projekt mit dem höchsten Wert empfohlen. Bei einem Vergleich zwischen mehreren Varianten kann zudem das Nutzen-Kosten-Verhältnis wichtige Zusatzinformationen aufzeigen. Die Ermittlung basiert jedoch auf verschiedenen Annahmen und Unsicherheiten und kann daher lediglich als Indikator für die geeignete Lösung dienen. Aufgrund eigenen Präferenzen oder Zielen kann schlussendlich der endgültige Entscheid davon abweichen.

3 Ansätze und Methoden

Es gibt ganz unterschiedliche Auswirkungen eines Parkplatzes in seiner Bau- und Nutzungsphase. Diese hängen von seiner Grösse, Art (Asphalt, Rasengittersteine, Kies), Nutzung und Lage ab. Aufgrund der relativ grossen Vielfalt an Parkplatztypen wurden folgende Rahmenbedingungen festgelegt:

- Öffentliche Parkplätze liegen im Fokus dieser Arbeit. Parkhäuser und private Parkplätze werden nur grob berücksichtigt. Die Richtwerte werden als Kosten pro Parkfeld CHF/PF ermittelt.

- Die Nutzen- und Kostenelemente werden aus der Sicht des Betreibers beurteilt. Der Betreiber ist, gemäss VSS-Norm SN 641 820, der Staat, der zudem Eigentümer der Infrastruktur ist.

- Als Nutzen versteht man die Ressourcengewinne der Benutzer und Allgemeinheit, als Kosten den Ressourcenverbrauch des Betreibers. Negative Werte sind dabei möglich (SN 641 820, 2006).

- Aufgrund der grossen Vielfalt an möglichen Auswirkungen und damit verbundenen Komplexität eines neuen Parkplatzes werden die Auswirkungen während der Bauphase in dieser Arbeit vernachlässigt. Die länger andauernde Nutzungsphase hat einen höheren Einfluss auf den endgültigen Nettobarwert. Bei der Durchführung einer Kosten-Nutzen-Analyse sollte die Bauphase jedoch bei Möglichkeit mitberücksichtigt werden.

Das Vorgehen der folgenden Kapitel basiert auf den VSS-Normen SN 641 820 – SN 641 828, welche die allgemeine Kosten-Nutzen-Analyse im Strassenverkehr beschreibt. Die detaillierte Erarbeitung für den spezifischen Fall eines Parkplatzes wurde durch eigene Überlegungen, Anpassungen und Ergänzungen durchgeführt.

3.1 Projektdefinition

3.1.1 Variantenbildung und Untersuchungsraum

Für die Variantenbildung und Festlegung des Untersuchungsraums wird auf die VSS-Norm SN 641 820 verwiesen. Sie erläutert den mehrstufigen Prozess der Variantenwahl und legt deren

Rahmenbedingungen fest. Zudem definiert sie die Abgrenzungen des Untersuchungsraums und legt das direkt betroffene Gebiet und Einflussgebiet fest.

3.1.2 Referenzfall

Als Referenzfall dient der Status quo. Kein Projekt wird ausgeführt. Die Nutzen- und Kostenelemente werden im Vergleich zum Referenzfall ermittelt, welcher dadurch als Vergleichsbasis dient. Veränderungen des Referenzfalls über den Betrachtungszeitraum, wie z.B. eine Zunahme des Verkehrs oder Auswirkungen anderer Projekte sind dabei zu berücksichtigen.

3.1.3 Betrachtungszeitraum

Alle Nutzen- und Kostenelemente werden über den gesamten Betrachtungszeitraum berücksichtigt. Dieser besteht aus zwei Phasen: Planungs-, Projektierungs- und Bauphase sowie Nutzungsphase. In Tabelle 2 ist die empfohlene Dauer mit dem entsprechenden Jahr ab Entscheid pro Phase ersichtlich.

Tabelle 2 Betrachtungszeitraum der verschiedenen Phasen

Phase	Dauer [Jahre]	Jahr ab Entscheid [Jahr]
Planungs-, Projektierungs- und Bauphase	1	0
Nutzungsphase	25	1-25

Dabei wurde angenommen, dass die Planungs-, Projektierungs- und Bauphase für einen Parkplatz innerhalb eines Jahres durchgeführt werden kann und somit im selben Jahr wie der Entscheid berücksichtigt wird. Die Nutzungsphase von 25 Jahren wurde festgelegt aufgrund der durchschnittlichen Lebensdauer eines Parkplatzbelages, welcher als Grundlage für dessen Funktionalität dient. Die Lebensdauer für Asphalt- und Betondecken beträgt 20 bzw. 25 Jahre und für gepflasterte Flächen je nach Bodenaufbau 50 Jahre (vgl. Tab. 6). Durch die Wahl können Ersatzinvestitionen und Restwerte einfach ermittelt werden. Zudem scheint es ein geeigneter Zeitraum für die repräsentative Beurteilung eines kleineren Projekts wie eines Parkplatzes zu sein. Es ist jedoch anzumerken, dass aufgrund Grösse und Komplexität des Projekts wie z.B. bei Parkhäusern der Betrachtungszeitraum erweitert werden kann. Empfohlen wird hierfür eine Dauer von 40 Jahren.

3.2 Nutzen- und Kostenelemente

Ein neuer Parkplatz führt zu einer vielseitigen Veränderung der vorherrschenden Situation im Untersuchungsraum. Diese können aufgrund ihrer Komplexität weitreichende Auswirkungen haben. In Abbildung 2 sind die wichtigsten Nutzen- (+) und Kostenelemente dargestellt. Diese werden in zwei Bereiche unterteilt:

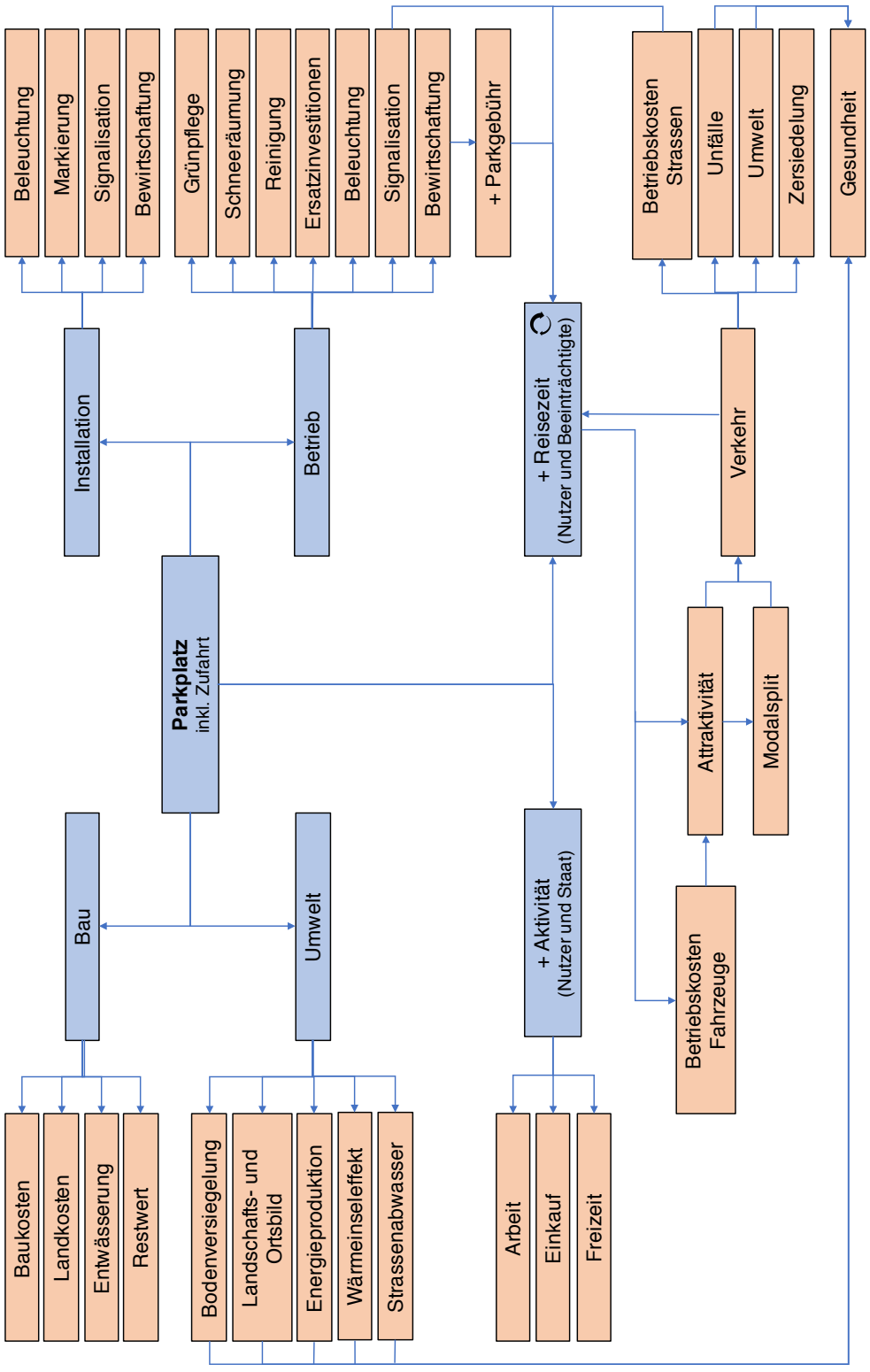
- *Parkplatz*: Alle Nutzen- und Kostenelemente, die mit der Bereitstellung des Parkplatzes direkt zusammenhängen

- *System Parkplatz*: Alle Nutzen- und Kostenelemente, die durch die Nutzung des Parkplatzes direkt zusammenhängen, d.h. Nutzen und Kosten der Gesellschaft (Aktivität, Verkehrsveränderung)

Im Zentrum der Darstellung (siehe Abb. 2) liegt der Parkplatz, welcher je nach Lage eine Zu- bzw. Abfahrt benötigt. Die Bereitstellung des Parkplatzes wird in vier Bereiche unterteilt: Bau, Umwelt, Installation und Betrieb. Diese wiederum können in Nutzen- und Kostenelemente eingestuft werden. Komplexer wird es bei der Betrachtung des `Systems Parkplatz`. Auf der einen Seite stellt der Parkplatz eine Abstellmöglichkeit zur Verfügung, mit welcher er eine Aktivität ermöglichen kann. Die Bevölkerung erhält die Möglichkeit den Parkplatz für z.B. die Arbeit, den Einkauf oder für eine Freizeitaktivität zu nutzen. Dabei profitiert nicht nur der Benutzer, sondern auch andere Parteien, wie z.B. soziales Umfeld, Dienstleistungsanbieter oder Arbeitgeber. Auch der Staat profitiert durch die funktionierende Gesellschaft und Förderung der Wirtschaft mit einhergehenden Steuereinnahmen. Auf der anderen Seite hat ein Parkplatz Auswirkungen auf das Verkehrsverhalten im Einflussgebiet. Durch die Bereitstellung des Parkplatzes besitzt der Benutzer die Möglichkeit in der Nähe seiner Zieldestination zu parkieren. Dies führt einerseits zu einer Reduktion der Reisezeit aufgrund der Lage und andererseits aufgrund reduzierter Parkplatzsuchzeit. Folglich verbessert sich dadurch die Reisezeit aller Verkehrsteilnehmer, die ansonsten aufgrund des Fahrverhaltens des Suchenden infolge Geschwindigkeitsreduktion, Sicherheitsabstand, zusätzlicher Verkehr etc. beeinträchtigt gewesen wären. Diese Abhängigkeit wurde (siehe Abb. 2) mit einer Schlaufe dargestellt. Die Suchzeit und somit Reisezeit kann ausserdem durch eine geeignete Signalisation und einer passenden Bewirtschaftung zusätzlich reduziert werden. Durch die Veränderung der Reisezeit wird die Nutzungsdauer des Fahrzeugs verringert, was zu einer Reduktion der Betriebskosten führt. Infolge dieser Kosteneinsparungen erhöht sich dessen Attraktivität. Folglich steigt die Nutzung des Autos als Fortbewegungsmittel. Der dabei induzierte Mehrverkehr beeinträchtigt die Reisezeit negativ. Inwiefern sich die Reisezeit durch die Bereitstellung des Parkplatzes und den induzierten Verkehr endgültig verändert, ist nur per

Modellierung zu beurteilen. Kurzfristig wird die Reisezeit aufgrund der erwähnten Auswirkungen kürzer. Langfristig wird sie sich jedoch abhängig vom Verhalten und der Anpassungsfähigkeit der Bevölkerung wieder erhöhen. Am Ende wird sich ein Gleichgewicht einstellen, welches schwierig beurteilt werden kann. Zusätzlich beeinträchtigt der Mehrverkehr die Umwelt, fördert die Zersiedelung, erhöht die Unfallrate und die Betriebskosten der Strassen. Sind Strassenerneuerungen notwendig, hat dies während der Reparaturphase wiederum negative Auswirkungen auf die Reisezeit.

Abbildung 2 Übersicht Nutzen- und Kostenelemente



3.2.1 Parkplatz

Der Fokus dieser Arbeit liegt auf allen Nutzen- und Kostenelemente, die mit der Bereitstellung des Parkplatzes direkt zusammenhängen. Dabei wird jedes Element beschrieben und dessen Auswirkungen aufgezeigt. Zudem wird versucht mit Hilfe von Referenzwerten einen Richtwert pro Parkfeld herzuleiten, der die Auswirkungen bestmöglich wiedergibt. Die Reihenfolge wurde wie folgt festgelegt:

- *Bau:* Baukosten, Restwert, Landkosten, Entwässerung, Personalkosten
- *Installation:* Beleuchtung, Markierung, Signalisation, Bewirtschaftung, Personalkosten
- *Betrieb:* Grünpflege, Schneeräumung, Reinigung, Ersatzinvestitionen, Beleuchtung, Signalisation, Bewirtschaftung (Parkgebühren), Personalkosten Sicherheit
- *Umwelt:* Bodenversiegelung, Landschafts- und Ortsbild, Energieproduktion, Wärmeinseleffekt, Strassenabwasser

Die Personalkosten machen einen wesentlichen Anteil an den Gesamtkosten aus und wurden daher aufgrund nicht vorhandenen Datengrundlagen in einem eigenen Abschnitt abgeschätzt. Im Bereich `Betrieb` wurden sie in den einzelnen Elementen berücksichtigt, da eine Aufteilung nicht als sinnvoll beurteilt wurde.

Bau

Baukosten

Beschrieb
Die Baukosten beinhalten alle Ausgaben für die Erstellung der Parkfläche, wie Kosten für Planung- und Projektierung oder Abbruch- und Anpassungsarbeiten. Eine komplette Auflistung ist in der VSS-Norm SN 641 820 zu finden. Eine Reserve ist dabei zu berücksichtigen. Die Landkosten, Baukosten der Entwässerung und Installationskosten für Beleuchtung, Signalisation, Markierung und Parkuhr werden separat behandelt.

Auswirkungen auf andere Nutzen- und Kostenelemente
Anhand der Baukosten wird der Restwert und die Ersatzinvestitionen bestimmt. Zudem können sie einen grossen Teil der vorhandenen finanziellen Mittel in Anspruch nehmen. Dadurch können finanzielle Einschränkungen entstehen, die Auswirkungen auf andere Bestandteile des Parkplatzes haben. Beispiele hierfür sind z.B. Art der Beleuchtung, Bewirtschaftung, Signalisation oder Frequenz des Unterhalts (Grünpflege, Reinigung etc.).

Nutzen oder Kosten

Die Baukosten sind ein Ressourcenverbrauch des Betreibers und werden aus diesem Grund als Kosten eingestuft.

Mengengerüst

Die Baukosten variieren aufgrund Parkplatzgrösse, Bodenaufbau, Betriebsart, Topografie und angebotenem Komfort. Dazu kommen unterschiedliche Zusatzkosten, wie z.B. Lärmschutz, Bepflanzung, Abbruch- und Anpassungsarbeiten. Als Richtwert für den Bau eines Parkplatzes können die Werte gemäss Tabelle 3 verwendet werden, wobei einfache oder komplexe Ausführungen die Richtwerte unter- bzw. überschreiten können. Zusätzlich sind Kosten für Genehmigungen, Projektierung und Planung zu berücksichtigen, die ungefähr 30 - 40 % der Baukosten ausmachen (Victoria Transport Policy Institute, 2017). Um die Richtwerte in Relation zu den Parkplatzarten zu stellen, zeigt Tabelle 4 die Kostenunterschiede bei verschiedenen Belagsarten auf. Dabei wurde eine Parkplatzfläche von 13 m^2 für die Ermittlung der Kosten pro Parkfeld verwendet.

Tabelle 3 Baukosten inkl. Personalkosten

Art	Kosten pro Parkfeld [$]	Genehmigungen, Projektierung, Planung [$]
Parkplatz	5’000 – 10’000	1’500 – 4’000
Parkhaus (oberirdisch)	15’000 – 25’000	4’500 – 10’000

Quelle: Victoria Transport Policy Institute, 2017

Tabelle 4 Baukosten exkl. Honorare und MwSt.

Belag	Beschrieb	Baukosten [CHF/PF]
Humusierte Grünfläche	Liefern, Einbringen einer 30 cm Humusschicht inkl. Ansaat	260 - 390
Humusierte Versickerungsmulde	Liefern, Einbringen einer 30 cm Humusschicht inkl. Ansaat	390 - 520
Rasengittersteine	Liefern, Einbringen einer Fundationsschicht, Verlegen Rasengittersteine auf Splittschicht inkl. Füllen und Ansaat	1’300 - 1’560
Verbund- und Sickersteine	Liefern, Einbringen einer Fundationsschicht, Verlegen Betonsteine auf Splittschicht	1’430 - 1’950
Schotterrasen	Liefern, Einbringen einer 20 cm dicken Wachstumsschicht aus Kiessand und Kulturerde inkl. 30 cm Fundationsschicht	650 - 780
Kiesplatz	Liefern, Einbringen einer 5 cm dicken Kiesschicht inkl. 30 cm Fundationsschicht	520 - 650
Chaussierung	Liefern, Einbringen einer 20 cm dicken Deckschicht aus Mergel inkl. 30 cm Fundationsschicht	650 - 780
Asphalt	Asphaltbelag inkl. 30 cm Fundationsschicht	1’430 - 1’820
Asphalt mit Entwässerung	Asphaltbelag mit Einlaufschächten, Rinnen, Leitungen auf 30 cm Fundationsschicht	1’950 - 2’600

Quelle: AWEL, 2009 (Quadratmeterpreise)

Um unvorhergesehene Zusatzkosten abzudecken, sind Reserven anhand eines prozentualen Anteils der Baukosten zu bestimmen (siehe Tab. 5). Im Vergleich zu einem Strassenprojekt sind die Reserven aufgrund kleineren Unsicherheiten beim Bau tiefer festzulegen (vgl. VSS-Norm SN 641 820).

Tabelle 5 Empfohlene Reserven in Prozent der Baukosten

Art	Mit Risikoanalyse [%]	Ohne Risikoanalyse [%]	Während Bauzeit [%]
Parkplatz	3	15	15

Wertgerüst
Die Baukosten werden bereits mit einem Geldwert pro Parkfeld ausgedrückt.

Zeitpunkt
Die Baukosten werden den einzelnen Jahren der Projektierungs-, Planungs- und Bauphase zugeteilt.

Restwert

Beschrieb
Jedes Element (Belag, Beleuchtung, Signalisierung etc.) hat, sofern deren Lebensdauer über die Untersuchungsdauer andauert, einen Restwert, welcher den Wert des Elements zum Endzeitpunkt der Untersuchungsdauer beschreibt.

Auswirkungen auf andere Nutzen- und Kostenelemente
Der Restwert hat keine Auswirkungen auf andere Nutzen- und Kostenelemente. Er gibt lediglich den Wert des Elements zum Endzeitpunkt wieder, welcher abhängig ist von dessen Bau- bzw. Installationskosten und durchgeführten Ersatzinvestitionen.

Nutzen oder Kosten
Der Restwert von jedem Element des Parkplatzes wird als Ressourcengewinn des Betreibers eingestuft und ist somit ein negatives Kostenelement.

Mengengerüst
Gemäss VSS-Norm SN 641 820 kann der Restwert mittels linearer Abschreibung der Bau- resp. Installationskosten ab Inbetriebnahme über die Lebensdauer des Elements bestimmt werden. Tabelle 6 gibt einen Überblick der Lebensdauer relevanter Elemente. Die Lebensdauer der statischen und dynamischen Signalisation wird geschätzt. Die Lebensdauer der dynamischen Signalisation wird aufgrund der technologischen Entwicklung auf 25 Jahre festgelegt. Bei der statischen Signalisation wird von einer Lebensdauer von 50 Jahren ausgegangen. Dabei wird angenommen, dass sie ähnlich wie die Leitschranken und Zäune einzustufen ist. Die genaue Dauer kann jedoch aufgrund verschiedener Faktoren (Temperatur, Regen, Luftqualität usw.) variieren.

Tabelle 6 Lebensdauer relevanter Elemente

Element	Lebensdauer [Jahre]
Asphalt (Deck-, Binder-, Tragschichten)	20[1]
Beton	25[1]
Pflaster (Naturstein weich auf Betonunterbau/weich auf weichem Unterbau/hart)	30/50/100[2]
Unterbau, Untergrund	90[1]
Tragschichten	50[1]
Entwässerung	75[1]
Beleuchtung (Gusseisen, Stahl verzinkt, Aluminium/Edelstahl)	35/80[2]
Entladungslampen/LED	2 - 5/12 - 15[3]
Signalisation (dynamisch/statisch)	25/50
Parkuhr	15[4]
Lärmschutzwände	25[1]
Leitschranken, Zäune	50[1]
Markierung	5[5]

Quellen: [1]VSS-Norm SN 641 820, 2006, Tabelle 4 [2]SwissBauCo GmbH, 2009, [3]Aeschbacher, 2014, [4]Schmid, 2017, [5]Hüssy, 2007

Wertgerüst

Der Restwert wird bereits mit einem Geldwert ausgedrückt.

Zeitpunkt

Der Restwert wird im Jahr nach der Untersuchungsdauer einmalig berücksichtigt. Mit längerer Untersuchungsdauer, nimmt der Restwert, sofern keine Ersatzinvestitionen getätigt werden, ab.

Landkosten

Beschrieb

Die Landkosten beschreiben den Wert des Landes, welches für den Parkplatz mit allfälligen Zusatzflächen (Zufahrt, Wendeplatz etc.) verwendet wird. Dabei ist zudem eine Wertminderung von angrenzendem Land zu berücksichtigen.

Auswirkungen auf andere Nutzen- und Kostenelemente

Der Kauf von Land kann je nach Lage und Umgebung hohe Kosten verursachen (Bodenpreis). Daher kann er einen grossen Teil der vorhandenen finanziellen Mittel in Anspruch nehmen. Folglich kann dies aufgrund finanziellen Einschränkungen, Auswirkungen auf andere Bestandteile des Parkplatzes haben. Beispiele hierfür sind Art der Beleuchtung, Bewirtschaftung, Signalisation oder Frequenz des Unterhalts (Grünpflege, Reinigung etc.). Zudem führt die Nutzung des Bodens zu Opportunitätskosten. Eine andere Nutzung wird verhindert. Der Nettonutzen oder die Auswirkungen dieser Alternative fliessen somit als Kosten in die Kosten-Nutzen-Analyse mit ein.

Nutzen oder Kosten

Die Landkosten sind ein Ressourcenverbrauch des Betreibers und werden aus diesem Grund als Kosten eingestuft.

Mengengerüst

Der Wert des Landes kann mit dem Bodenpreis und den Opportunitätskosten ermittelt werden. Der Bodenpreis pro Fläche kann je nach Standort stark variieren und hat dementsprechend unterschiedlichen Einfluss auf die Kosten-Nutzen-Analyse. Aus diesem Grund können bei sehr hohen Bodenpreisen Parkhäuser oder Tiefgaragen, die eine höhere Anzahl an Parkfelder pro Fläche aufweisen, trotz ihren höheren Baukosten sinnvoller sein. Der effektive Bodenpreis in CHF/m^2 kann bei den örtlichen Behörden nachgefragt werden. Die Bestimmung der Opportunitätskosten ist mit grossem Aufwand verbunden. Aus diesem Grund werden zwei Vorgehen vorgeschlagen:

1. Vereinfachte Methode

Bei der vereinfachten Methode werden die Opportunitätskosten der alternativen Nutzung anhand Referenzbeispielen abgeschätzt. Hierfür sind Erfahrungswerte von bereits durchgeführten Kosten-Nutzen-Analysen und die Beurteilungen von Spezialisten notwendig. Die vereinfachte Methode gibt einen Richtwert wieder und basiert auf einer groben Abschätzung. Wird der endgültige Nettobarwert nicht entscheidend beeinflusst, ist diese Methode ausreichend.

2. Aufwändige Methode

Eine Kosten-Nutzen-Analyse wird für die alternative Nutzung durchgeführt. Diese müsste zuerst festgelegt und anschliessend während derselben Betrachtungsdauer beurteilt werden. Verändert sich die alternative Nutzung über die Zeit, sind die Nutzungen einzeln in den entsprechenden Jahren zu berücksichtigen. Dadurch erhält man den effektiven Nutzen der

Alternative im jeweiligen Jahr, welcher als Kosten bei der Kosten-Nutzen-Analyse des Parkplatzes zu berücksichtigen ist. Zudem können die Ergebnisse als Referenzbeispiel bei der Beurteilung zukünftiger Projekte dienen.

Grundsätzlich sind die Opportunitätskosten der verschiedenen Nutzungen in ländlichen Umgebungen geringer als in dicht bebauten Gebieten einzustufen. Die Auswirkungen der Nutzen- und Kostenelemente, die oft auf der Anzahl beeinflusster Personen basieren, sind kleiner. Die fixen Kosten, wie z.B. Baukosten, bleiben aber bestehen.

Wertgerüst
Der Bodenpreis wird bereits mit einem Geldwert ausgedrückt. Die Opportunitätskosten werden mit einer Kosten-Nutzen-Analyse abgeschätzt und sind, wie auch die allfällige Wertminderung, als Geldwert pro Jahr festgelegt.

Zeitpunkt
Der Bodenpreis wird im Jahr des Kaufes angerechnet. Die Opportunitätskosten und allfällige Wertminderungen werden hingegen jährlich berücksichtigt und bei einer verändernden Situation angepasst.

Entwässerung

Beschrieb
Durch die Überbauung von natürlichem Boden kann das Regenwasser nicht mehr direkt versickern. Dies kann zu Wasseransammlungen und –verschmutzung führen. Aus diesem Grund werden Entwässerungsanlagen für die Ableitung des Regenwassers benötigt. Dabei ist das Gewässerschutzgesetz zu beachten, welches Richtlinien für dessen Erstellung vorgibt. Grundsätzlich ist eine Versickerung durch belebte Bodenschichten vor einer Ableitung in Oberflächengewässer und Einleitung in die Kanalisation zu bevorzugen (AWEL, 2009).

Auswirkungen auf andere Nutzen- und Kostenelemente
Das Entwässerungssystem wird anhand der Parkplatzart und dem Verkehrsaufkommen geplant. Dabei sind die Versickerungsfähigkeit des Belags und die Umweltbelastung des Verkehrs zwei entscheidende Faktoren. Das gewählte System kann somit Auswirkungen auf die Umwelt (Boden, Grundwasser) mit Folgeauswirkungen auf das Ökosystem und die Gesundheit der Bevölkerung eindämmen. Zudem reduziert es das Unfallrisiko bei undurchlässigen Belägen aufgrund Nässe (Schleudergefahr o.Ä.).

Nutzen oder Kosten

Die Kosten für die Entwässerung sind ein Ressourcenverbrauch des Betreibers und werden aus diesem Grund als Kosten eingestuft.

Mengengerüst

Die Kosten des Entwässerungssystems hängen stark von dessen Wahl ab. Es wird anhand verschiedener Faktoren gemäss Richtlinien des Gewässerschutzes bestimmt. Befindet sich der Parkplatz im Gewässerschutzbereich, soll bei zu grosser Belastung auf die Versickerung zum Schutz des Grundwassers verzichtet werden (AWEL, 2013). Es werden dabei drei Möglichkeiten unterschieden:

1. Direkte Versickerung

Die direkte Versickerung durch den Oberbau erfolgt bei Parkflächen, die durchlässig oder nur teilweise versiegelt sind. Dazu zählen Rasengittersteine, Schotterrasen und Rasenfugenpflaster. Dabei schützt der natürliche Boden durch sein Reinigungsvermögen das Grundwasser von Schadstoffen (AWEL, 2009). Dieses Entwässerungssystem verursacht neben den Baukosten des Parkplatzes keine zusätzlichen Kosten. Es besteht jedoch ein Risiko infolge unvorhergesehener hoher Schadstoffkonzentration, die der natürliche Boden nicht reinigen kann. Bei einer direkten Versickerung ohne belebte Bodenschicht ist das Verschmutzungsrisiko höher einzustufen. Beispiele dafür sind Beläge aus Verbund- und Sickersteinen, Kies und Splitt (AWEL, 2009).

2. Ableitung ins Bankett, Sickerstreifen oder Oberflächengewässer

Ein Ableiten des Regenwassers ins Bankett, Sickerstreifen oder Oberflächengewässer dient als Alternative, wenn keine direkte Versickerung möglich oder erlaubt ist. Dieses Entwässerungssystem wird bei einem undurchlässigen Belag (Asphalt, Beton, tonige Deckschicht) verwendet (Bürkel, 2006). Eine Versickerung des Regenwassers benötigt ungefähr 5 - 10 % der entwässerten Fläche (AWEL, 2009). Dadurch vergrössert sich die beanspruchte Fläche und somit die Landkosten (siehe Landkosten). Wird das Ableiten nicht durch ein ausreichendes Gefälle gewährleistet, sind zudem Kosten für das Ableitsystem (Rinnen, Leitungen) mit Unterhaltskosten zu erwarten. Tabelle 7 gibt einen Richtwert der zusätzlichen Kosten für das Entwässerungssystem wieder. Dabei wurde eine Parkfeldfläche von 13 m^2 für die Ermittlung der Kosten pro Parkfeld verwendet.

Tabelle 7 Ermittlung der Zusatzkosten für die Entwässerung

Belag	Beschrieb	Erstellungskosten [CHF/PF]
Asphalt	Asphaltbelag inkl. 30 cm Fundationsschicht	1’430 - 1’820
Asphalt mit Entwässerung	Asphaltbelag mit Einlaufschächten, Rinnen, Leitungen auf 30 cm Fundationsschicht	1’950 - 2’600
Zusatzkosten Entwässerung	Einlaufschächten, Rinnen, Leitungen	520 - 780

Quelle: AWEL, 2009 (Quadratmeterpreise)

3. Einleitung in Kanalisation

Ist die örtliche Umweltbelastung zu gross oder ist kein Platz für die zusätzliche Fläche zur Versickerung vorhanden, wird das Regenwasser in die öffentliche Kanalisation oder eine Versickerungsanlage abgeleitet (Bürkel, 2006). Dieses relativ aufwändige Entwässerungssystem führt zu erhöhten Bau-, Unterhalts- und Betriebskosten. Während die zusätzlichen Betriebskosten der Abwasserreinigungsanlage schwierig abzuschätzen sind (Klärschlamm, zusätzlicher Aufwand etc.), können die Unterhaltskosten gemäss Kapitel Reinigung und Ersatzinvestitionen (Reparatur) berücksichtigt werden. Die Baukosten werden aufgrund der erwarteten Mehrkosten durch den unterirdischen Anschluss an die Kanalisation auf den 3-fachen Wert der Zusatzkosten der Entwässerung für Einlaufschächte, Rinnen und Leitungen (siehe Tab. 7) geschätzt. Dadurch wird als Richtwert für den Bau einer Entwässerung in die Kanalisation 1’560 – 2’340 CHF/PF verwendet. Ist bereits ein Anschluss an die Kanalisation vorhanden (z.B. im bebauten Gebiet), kann von 520 - 780 CHF/PF ausgegangen werden.

Wertgerüst
Die Kosten für den Bau der Entwässerung werden bereits mit einem Geldwert pro Parkfeld ausgedrückt.

Zeitpunkt
Die Baukosten der Entwässerung fallen in den entsprechenden Jahren der Projektierungs-, Planungs- und Bauphase an. Allfällige Unterhaltskosten fallen jährlich an, werden aber bereits in den entsprechenden Kapiteln berücksichtigt.

Personalkosten Bau

Die Richtwerte des Bereichs `Bau` beinhalten keine Personalkosten. Aus diesem Grund werden sie abgeschätzt. Dabei werden folgende Annahmen getroffen:

- 1 - 13 Manntage werden abhängig vom Bodenaufbau und der Entwässerung pro Parkfeld benötigt.
- An einem Arbeitstag werden 8.4 Stunden gearbeitet.
- Kostenansatz von 92.65 CHF/h gemäss Tabelle 16

Anhand der festgelegten Annahmen sind Personalkosten von ungefähr 1’000 – 10’000 CHF/PF zu erwarten. Dabei sind die höheren Kosten für die Belagsarten mit höherem Aufwand (Asphalt, Rasengittersteine o.Ä.) zuzuordnen.

Zeitpunkt
Die Personalkosten für die Belags- und Entwässerungsarbeiten sind im entsprechenden Jahr in der Bauphase anzurechnen.

Installation

Beleuchtung

Beschrieb
Die Parkfläche und Zufahrt benötigt eine Beleuchtung. Sie gewährleistet gute Sichtverhältnisse während der Dunkelheit und ist somit für die Sicherheit der Verkehrsteilnehmer notwendig. Die Art der verwendeten Beleuchtung kann variieren. Normalerweise werden herkömmliche Kandelaber verwendet.

Auswirkungen auf andere Nutzen- und Kostenelemente
Die Beleuchtung hat Auswirkungen auf die Sicherheit und somit Gesundheit der Benutzer. Zudem beeinträchtigt sie das Landschafts- und Ortsbild sowie die Umwelt durch das künstliche Licht und die entstehenden Schadstoffe bei der Energieproduktion.

Nutzen oder Kosten
Die Installationskosten für die Beleuchtung sind ein Ressourcenverbrauch des Betreibers und werden aus diesem Grund als Kosten eingestuft.

Mengengerüst
Die Kosten für einen Kandelaber sind in der Tabelle 8 angegeben und haben einen Richtwert zwischen 7’500 - 10’500 CHF. Der Korrekturfaktor für die regionalen Unterschiede basiert auf den Beobachtungen der Schweizerischen Baupreisstatistik (ASTRA, 2010). Für eine LED-Beleuchtung sind höhere Installationskosten zu erwarten. Die Betriebs- und Unterhaltskosten sind hingegen tiefer (vgl. Betrieb). Die benötigte Anzahl ist abhängig von der Grösse und Lage des Parkplatzes und soll somit situationsbezogen beurteilt werden.

Tabelle 8 Kosten für einen Kandelaber

Gebiet	Korrekturfaktor Regionalkosten	Kosten pro Kandelaber [CHF]
Espace Mittelland	100 %	7’500
Nordwestschweiz Zürich	110 %	8’250
Ostschweiz Zentralschweiz	115 %	8’625
Genferseeregion	135 %	10’125
Tessin	140 %	10’500

Quelle: ASTRA, 2010

Wertgerüst

Um die Kosten pro Parkfeld zu ermitteln, wird in Längsparkfelder und Schräg- und Senkrechtparkfelder unterschieden. Gemäss VSS-Norm SN 640 291a besitzen Längsparkfelder eine ungefähre Länge von 6 m und Schräg- bzw. Senkrechtparkfelder eine Breite von 3 m. Dadurch kann bei einem Abstand der Kandelaber von ca. 20 m die benötigte Anzahl pro Parkfeld ermittelt werden. Folglich wird ein Kandelaber für drei Längsparkfelder bzw. für sechs Schräg- oder Senkrechtparkfelder benötigt. Die ortsbezogenen Kosten sind der Tabelle 8 zu entnehmen. Daraus folgt:

$$\text{Kosten}_{\text{Längsparkfelder}} \left[\frac{\text{CHF}}{\text{PF}}\right] = \frac{\text{Kosten} * \left\lceil\frac{\text{Anzahl PF}}{3}\right\rceil}{\text{Anzahl PF}} \tag{4}$$

$$\text{Kosten}_{\text{Schräg– oder Senkrechtparkfelder}} \left[\frac{\text{CHF}}{\text{PF}}\right] = \frac{\text{Kosten} * \left\lceil\frac{\text{Anzahl PF}}{6}\right\rceil}{\text{Anzahl PF}} \tag{5}$$

Kosten:	Kosten Kandelaber gemäss Tabelle 8 [CHF]
Anzahl PF:	Anzahl geplanter Parkfelder

Zeitpunkt

Die Installationskosten für die Beleuchtung sind einmalig während der Bauphase zu berücksichtigen.

Markierung

Beschrieb

Die Strassenmarkierung wird verwendet um die exakte Lage des Parkfeldes und bei grösseren Parkarealen die Verkehrsregelung respektive Fahrtrichtung aufzuzeigen. Die Farbwahl der Markierung gibt zudem Auskunft über die vorherrschende Bewirtschaftung (erlaubte Aufenthaltsdauer, verwendetes Zahlungssystem). Tabelle 9 zeigt die Bedeutung der entsprechenden Farbe auf.

Tabelle 9 Bedeutung der Farbe bei Markierungen

Farbe	Bedeutung
Weiss	Parkieren gegen Gebühr, Parkuhr
Blau	Parkieren mit Parkscheibe, kostenlos aber begrenzt
Gelb	Private Parkplätze[1]
Orange	In der Regel temporäre Markierung aufgrund Umleitungen oder Baustellen
Keine	Parkplätze zur freien Nutzung, keine Gebühren oder Einschränkungen[2]

[1] Behindertenparkplätze können unterschiedliche Farben aufweisen. Oft werden sie jedoch mit der Farbe Gelb dargestellt.

[2] Kann bei Beschilderung andere Bedeutung haben, z.B. Blaue Zone.

Auswirkungen auf andere Nutzen- und Kostenelemente

Die Strassenmarkierung zeigt das System des Parkplatzes auf und beeinflusst dadurch den Verkehr. Auf der einen Seite gibt es die Kosten und Zeiteinschränkung wieder und beeinflusst somit die Nachfrage (Verkehrsmenge, Fahrzeugumschlag, Aufenthaltsdauer). Auf der anderen Seite hat die Verkehrsführung Einfluss auf die Reisezeit.

Nutzen oder Kosten

Die Kosten der benötigten Markierungen sind ein Ressourcenverbrauch des Betreibers und werden aus diesem Grund als Kosten eingestuft.

Mengengerüst

Die Kosten sind abhängig von der Art der Markierung und den lokalen Gegebenheiten. Grundsätzlich kann von 2.50 CHF pro Markiermeter (Typ II Markierung) ausgegangen werden (Hüssy, 2007), wobei die Personalkosten zusätzlich zu berücksichtigen sind. Einige Richtwerte der benötigten Markiermeter abgeleitet von der Parkfeldgrösse gemäss VSS-Norm SN 640 291a sind in Tabelle 10 ersichtlich. Die Werte für Randparkflächen sind der Norm zu entnehmen. Zur Markierung der Parkplätze sind zudem die Markierungen für die Verkehrsführung und Zufahrt zu berücksichtigen. Dabei betragen die Markiermeter bei der Zufahrt ungefähr 2.5x die Strassenlänge (zwei durchgezogene Randstreifen und ein nicht durchgezogener Mittelstreifen).

Tabelle 10 Markiermeter für unterschiedliche Parkflächen, Komfortstufe B

Typ	Parkfeldabmessungen[1] Länge x Breite [m]	Markierkosten [CHF/PF]
Längsparkierung	6.00 x 1.90	40
Schrägparkierung (abh. Parkfeldwinkel)	5.00 x 3.00	44
Senkrechtparkierung	5.00 x 2.50	38

Quellen: [1]VSS-Norm SN 640 291a, 2006, Tabelle 2 und 3

Bei Parkplätzen mit Rasengittersteinen werden oft Steine mit angepassten Farben für die Markierung verwendet. Dadurch entstehen keine Kosten für die Markierungsarbeiten. Es sind jedoch Zusatzkosten aufgrund unterschiedlichen Rasengittersteine zu erwarten. Bei Belagsoberflächen aus Kies, Schotter o.Ä. wird oft keine Markierung durchgeführt. Je nach Bewirtschaftung (Parkuhr, Freie Zone, Blaue Zone, Privat) werden Schilder (siehe Signalisation) verwendet, um die Parkplatznummer oder das vorherrschende System darzustellen.

Wertgerüst
Die Kosten der benötigten Markierungen werden bereits mit einem Geldwert ausgedrückt.

Zeitpunkt
Die Strassenmarkierung ist am Ende der Bauphase zu berücksichtigen.

Signalisation

Beschrieb
Die Signalisation kann statisch oder dynamisch sein. Während die statische Signalisation die Aufgabe hat dem Verkehrsteilnehmer die Lage und Distanz zum Parkplatz zu signalisieren, verfügt die dynamische Signalisation zudem die Möglichkeit die Anzahl an freien Parkfelder anzuzeigen.

Auswirkungen auf andere Nutzen- und Kostenelemente
Die Signalisation hat Auswirkungen auf den Verkehr. Die Verkehrsteilnehmer werden über die Lage und Distanz zum Parkplatz informiert. Dadurch verringert sich der Suchverkehr und deren negativen Begleiterscheinungen. Die Folgeauswirkungen sind in Abbildung 2 dargestellt. Wird der Benutzer jedoch zu einem Gebiet ohne freien Parkplätze geleitet (statische Signalisation),

kann dies negative Auswirkungen auf die Reisezeit haben. Zudem beeinflusst die Signalisation das Landschafts- und Ortsbild sowie deren Folgeauswirkungen (Erholung, Gesundheit).

Nutzen oder Kosten
Die Installationskosten für die Signalisation sind ein Ressourcenverbrauch des Betreibers und werden aus diesem Grund als Kosten eingestuft.

Mengengerüst
Die Kosten für die statische Signalisation werden pro benötigte Beschilderung ermittelt. Einige Richtwerte sind in Tabelle 11 ersichtlich. Grössere Beschilderungen oder Spezialanfertigungen sind mit höheren Kosten verbunden.

Tabelle 11 Kosten für die statische Signalisation

Art	Beschrieb	Kosten [CHF]
Rohrrahmen	Rahmen für die Befestigung von Beschilderungen	300 - 500
Schilder	Einfache Beschilderungen für Parkplätze oder Verkehrsregelung, 500 mm x 500 mm x 2 mm	200 - 400
Komplett	Beschilderung mit Rahmen	500 - 900

Quelle: SETON Division, 2017

Die Kosten für das dynamische Parkleitsystem (PLS) besteht aus zwei Teilen. Erstens wird die Signalisation mit den dazugehörigen Leistungen für deren Funktionalität benötigt (siehe Tab. 12). Dies beinhaltet die Lieferung, Montage und Inbetriebnahme, sowie die einmaligen Erschliessungskosten für die Verkabelung der Signalgeber und des zentralen Standorts (Stadt Aarau, 2007).

Tabelle 12 Kosten für ein komplettes Parkleitsystem für 1’600 Parkfelder

Typ	Beschrieb	Kosten [CHF]
Technische Geräte	Signalgeber, Rechner, Kommunikationsmittel, Bedienstation	300’000
Bauliche Erschliessung	Zuleitungen, Fundamente, Masten, Ersatz von bestehenden Kandelabern	420’000
Total	Technische Geräte, Bauliche Erschliessung, inkl. sonstigen Kosten und MwSt.	1’286’000

Quelle: Stadt Aarau, 2007

Zweitens wird eine Zählanlage für die Ermittlung der freien Parkfelder benötigt. Es gibt unterschiedliche Erfassungssysteme, die diese Aufgabe erfüllen können. Als Richtwert wird die Messung mittels Schrankenanlagen und Laser-Mess-Sensoren verwendet (siehe Tab. 13 und 14).

Tabelle 13 Kosten für Schrankenanlagen

Referenzbeispiel	Anzahl Parkfelder	Investitionskosten [CHF]
Flösserplatz	260	327’000
Kettenbrücke	52	156’000
Durchschnitt	156	241’500

Quelle: Stadt Aarau, 2007

Tabelle 14 Kosten für Laser-Mess-Sensoren

Referenzbeispiel	Anzahl Parkfelder	Investitionskosten [CHF]
Obere Schanz	89	104’500
Untere Schanz	65	40’000
Mühlematt	41	70’500
Durchschnitt	45	71’667

Quelle: Stadt Aarau, 2007

Es ist dabei jedoch zu beachten, dass die Investitionskosten aus fixen und variablen Kosten bestehen. Schätzungsweise kann von einem Fixkostenanteil von 60 - 80 % bei Schrankenanlagen und 20 - 40 % bei Laser-Mess-Sensoren ausgegangen werden.

Wertgerüst
Um die Kosten der statischen Signalisation pro Parkfeld zu ermitteln, wird angenommen, dass drei Schilder (Parkuhr, Lage und Information) immer benötigt werden. Zudem kommt schätzungsweise ein Schild pro fünf Parkfelder hinzu. Für die Kosten wird der Durchschnittswert von 700 CHF (siehe Tab. 11) verwendet.

$$\text{Kosten statische Signalisation } \left[\frac{\text{CHF}}{\text{PF}}\right] = \frac{700\ \text{CHF} * (3 + \left\lceil\frac{\text{Anzahl PF}}{5}\right\rceil)}{\text{Anzahl PF}} \qquad (6)$$

Die dynamische Signalisation besteht aus zwei Teilen. Die Kosten pro Parkfeld für das Parkleitsystem wird mit einem Fixkostenanteil von 50 % bestimmt. Zudem beziehen sich die gegeben Werte (vgl. Tab. 12) auf 1'600 Parkfelder, die am System angeschlossen sind. Daraus folgt:

$$\text{Kosten PLS } \left[\frac{\text{CHF}}{\text{PF}}\right] = \frac{1'286'000\ \text{CHF} * 0.5}{\text{Anzahl PF}} + \frac{1'286'000\ \text{CHF} * 0.5}{1'600\ \text{PF}} \qquad (7)$$

Die Kosten pro Parkfeld für die Zählanlage werden mit einem Fixkostenanteil von 70 % für Schrankenanlagen bzw. 30 % für Laser-Mess-Sensoren ermittelt (vgl. Tab. 13 und 14). Daraus folgt:

$$\text{Kosten Schranken } \left[\frac{\text{CHF}}{\text{PF}}\right] = \frac{241'500\ \text{CHF} * 0.7}{\text{Anzahl PF}} + \frac{241'500\ \text{CHF} * 0.3}{156\ \text{PF}} \qquad (8)$$

$$\text{Kosten Sensoren } \left[\frac{\text{CHF}}{\text{PF}}\right] = \frac{71'667\ \text{CHF} * 0.3}{\text{Anzahl PF}} + \frac{71'667\ \text{CHF} * 0.7}{45\ \text{PF}} \qquad (9)$$

Zeitpunkt
Die Signalisation ist normalerweise während der Bauphase zu berücksichtigen.

Bewirtschaftung

Beschrieb
Bei der Parkplatzbewirtschaftung geht es in erster Linie um das Zahlungssystem und die erlaubte Aufenthaltsdauer auf dem Parkfeld. Dafür werden je nach System unterschiedliche Bestandteile, wie Parkscheibe oder Parkuhr, benötigt.

Auswirkungen auf andere Nutzen- und Kostenelemente

Neben den finanziellen Mitteln, kann die Parkuhr das Landschafts- und Ortsbild beeinträchtigen. Die Folgeauswirkungen sind in Abbildung 2 ersichtlich. Zudem verursacht die benötigte Energie bei der Produktion erhöhte Mengen an Treibhausgasen und Schadstoffen. Die Auswirkungen aufgrund Preisgestaltung und erlaubte Aufenthaltsdauer werden im Kapitel `Betrieb, Bewirtschaftung` thematisiert.

Nutzen oder Kosten

Die Installationskosten für die Parkplatzbewirtschaftung sind ein Ressourcenverbrauch des Betreibers und werden aus diesem Grund als Kosten eingestuft.

Mengengerüst

Für die Bestimmung der exakten Kosten der unterschiedlichen Parkuhren fehlt die entsprechende Datengrundlage. Aus diesem Grund kann nur ein Wert für eine Sammelparkuhr mit neun zentrale Parkuhren als Richtwert gegeben werden (siehe Tab. 15). Dieser Wert dient als grobe Kostenabschätzung für eine herkömmliche Parkuhr. Für modernere Geräte mit fortgeschrittener Technologie (Solar, direkte Datenübermittlung usw.) sind schätzungsweise Kosten bis zu 20’000 CHF pro Stück zu erwarten.

Tabelle 15 Kosten einer Parkuhr

Bestandteil	Kosten für 1 Sammelparkuhr und 9 zentrale Parkuhren [CHF]	Kosten pro Parkuhr [CHF]
Erwerbskosten	120’000	12’000
Installationskosten	18’000	1’800
Bauamtskosten	10’000	1’000
Total	148’000	14’800

Quelle: Schumacher, 2013

Wertgerüst

Die Installationskosten für die Parkuhr werden bereits mit einem Geldwert ausgedrückt. Es wird angenommen, dass eine Parkuhr zehn Parkfelder abdeckt (siehe Tab. 19). Dadurch können die Kosten pro Parkfeld wie folgt ermittelt werden:

$$\text{Kosten Parkuhr } \left[\frac{\text{CHF}}{\text{PF}}\right] = \frac{14'800 * \left\lceil\frac{\text{Anzahl PF}}{10}\right\rceil}{\text{Anzahl PF}} \qquad (10)$$

Zeitpunkt
Die Kosten für die Parkuhr fallen im Installationsjahr an.

Personalkosten Installation

Die Richtwerte im Bereich `Installation` beinhalten keine Personalkosten. Aus diesem Grund werden sie abgeschätzt. Dabei werden folgende Annahmen getroffen:

- 2.5 - 5 Manntage werden für alle Installationen pro Parkfeld benötigt.
- An einem Arbeitstag werden 8.4 Stunden gearbeitet.
- Kostenansatz von 92.65 CHF/h gemäss Tabelle 16

Anhand der festgelegten Annahmen sind einmalige Personalkosten von ungefähr 2’000 - 5’000 CHF/PF zu erwarten.

Zeitpunkt
Die Personalkosten der Installationen sind im entsprechenden Jahr in der Bauphase anzurechnen.

Betrieb

Grünpflege

Beschrieb
Die Grünpflege entspricht dem Unterhalt der Grünflächen in der unmittelbaren Umgebung des Parkplatzes. Durch die Pflege von Wiesen, Hecken, Sträuchern oder Bäumen kann die Umgebung gestaltet und der Parkplatz bestmöglich in die Natur integrieren werden. Zudem wird dadurch die Sicherheit gewährleistet, die durch unkontrolliertes Wachsen von Bepflanzungen beeinträchtigt werden kann.

Auswirkungen auf andere Nutzen- und Kostenelemente
Durch die Pflege der Grünflächen wird der Parkplatz bestmöglich in die Natur integriert. Dadurch profitiert die Natur (Artenvielfalt), das Landschafts- und Ortsbild und die Bevölkerung durch Reduktion des Wärmeinseleffekts, erhöhte Attraktivität der Umgebung und Luftqualität mit positiven Folgen auf ihre Gesundheit.

Nutzen oder Kosten
Die Grünpflege zählt zu den Unterhaltsarbeiten. Daher ist sie ein Ressourcenverbrauch des Betreibers und wird aus diesem Grund als Kosten eingestuft.

Mengengerüst
Die Grünpflege kann je nach Bepflanzungsart mit höherem Aufwand verbunden sein. Während Wiesen nur gemäht werden, sind Sträucher oder Bäume zurückzuschneiden. Die Fläche muss anschliessend gereinigt werden (siehe Reinigung). Werden spezifische Bepflanzungen für die Gestaltung und Einbindung in die Natur verwendet, sind mit zusätzlichen Kosten während der Erstellung, Pflege und Erneuerung zu erwarten. Für die Kostenermittlung sind in erster Linie die Personalkosten ausschlaggebend.

Wertgerüst
Die Kosten für die Grünpflege werden bereits mit einem Geldwert ausgedrückt. Dabei wird für die Ermittlung des Richtwerts pro Parkfeld von einem Einsatz pro Monat à 15 Minuten ausgegangen. Dadurch sind mit Personalkosten von rund 278 CHF/PF*a bei einem Stundenansatz von 92.65 CHF (siehe Tab. 16) zu rechnen. Zusätzlich sind Kosten von schätzungsweise 50 CHF/PF*a für die Nutzung von Material und Maschinen zu berücksichtigen.

Zeitpunkt
Die Grünpflege wird normalerweise in einem Ausführungsintervall (z.B. einmal pro Monat) durchgeführt. Daher wird sie jährlich in der Kosten-Nutzen-Analyse berücksichtigt.

Schneeräumung

Beschrieb
Während der Winterzeit kann Schneefall die Nutzung des Parkplatzes einschränken. Aus diesem Grund muss die Parkfläche vom Schnee befreit werden. Zudem besteht je nach Kälteverhältnissen Glatteisgefahr. Das Streuen von Salz kann dafür als Massnahme durchgeführt werden.

Auswirkungen auf andere Nutzen- und Kostenelemente
Durch den Schnee kann der Parkplatz zumindest temporär nicht komplett genutzt werden. Einbussen in der Aktivität (eingeschränkte Nutzungsmöglichkeiten) und Einnahmen (Parkgebühr) sind die Folgen. Des Weiteren kann das gefrorene Wasser zu Spannungen im Belag und somit zu früheren Reparaturen führen. Schnee und Glatteis gefährden zudem die Sicherheit der Verkehrsteilnehmer. Der Einsatz von Salz wird oft als Massnahme eingesetzt, kann jedoch die Anlage, Fahrzeuge (Korrosion) und Umwelt (Salzaufnahme) beeinträchtigen.

Nutzen oder Kosten
Die Schneeräumung zählt zu den Unterhaltsarbeiten. Daher ist sie ein Ressourcenverbrauch des Betreibers und wird aus diesem Grund als Kosten eingestuft.

Mengengerüst
Die Kosten der Schneeräumung basieren in erster Linie auf den Personal- und Fahrzeugkosten. Diese variieren je nach Bereitschaft, Fläche und örtlichen Verhältnissen. Bei kleinen Anlagen kann je nach Gegebenheit keine maschinelle Räumung infolge Platzproblemen erfolgen. Eine Räumung mit der Schaufel führt zu höheren Personal- und tieferen Fahrzeug-/Gerätekosten. Die Anzahl durchgeführter Räumungen sind von Ort zu Ort unterschiedlich. In tiefer gelegenen Ortschaften und besiedelten Gebieten (Wärmeinseleffekt, Wärmeabgabe) setzt sich seltener Schnee an. Es ist somit eine Abschätzung der Schneefallwahrscheinlichkeit anhand vergangener örtlicher Daten durchzuführen. Im Kanton Zürich wurden im Winter 2016/17 rund 320 Schneeräumungseinsätze und 680 Glatteiseinsätze durchgeführt und dabei ungefähr 11’000 Tonnen Salz verbraucht (Kanton Zürich, 2017). Tabelle 16 gibt einen Überblick über die Kosten der Schneeräumung.

Tabelle 16 Überblick Kosten Schneeräumung

Was	Beschrieb	Kosten	Einheit
Strassenreinigung und Winterdienst	Flächenreinigung	50.7[1]	CHF/PF*a
Lieferwagen	mit Chauffeur	103.40	CHF/h
Schneeräumungsfahrzeug[2]	mit Chauffeur	120.00	CHF/h
Personalkosten	Kosten pro Personal	92.65	CHF/h
Sonntags- und Nachtzuschlag	Zuschlag Personalkosten am Sonntag oder während Nacht	9.55	CHF/h
Weg	Anfahrtspauschale pro Fahrzeug	130.45	CHF

Quelle: Stadt Zürich, 2007 ([1]basierend auf Quadratmeterpreis)

[2] Abgeleitet von Reinigungsfahrzeug (siehe Tab. 17)

Wertgerüst

Die Kosten für die Schneeräumung werden bereits mit einem Geldwert ausgedrückt. Dabei wird für die Ermittlung des Richtwerts pro Parkfeld von zehn Einsätzen à 15 Minuten pro Jahr ausgegangen. Dadurch sind mit Personalkosten von rund 232 CHF/PF*a bei einem Stundenansatz von 92.65 CHF (siehe Tab. 16) zu rechnen. Zusätzlich sind Kosten von 50.7 CHF/PF*a für die Flächenreinigung und schätzungsweise 300 CHF/PF*a für die Nutzung von Material und Maschinen zu berücksichtigen (siehe Tab. 16). Die Auswirkungen auf die Sicherheit und Umwelt sind zu monetarisieren. Mangels Richtwerte werden sie in dieser Arbeit jedoch vernachlässigt.

Zeitpunkt

Die Schneeräumung wird bei entsprechendem Schneefall durchgeführt. Daher wird sie normalerweise jährlich in der Kosten-Nutzen-Analyse berücksichtigt.

Reinigung

Beschrieb

Die Reinigung von Parkplätzen beinhaltet die Entfernung von Schmutz, Laub und Abfall.

Auswirkungen auf andere Nutzen- und Kostenelemente

Das Entfernen von Schmutz, Laub und Abfall führt zu einer Reduktion der Umweltverschmutzung und Verbesserung des Landschafts- und Ortsbildes. Dadurch profitiert Mensch, Tier und Umwelt. Nur kurzfristig während der Reinigungsarbeiten sind negative

Effekte zu beobachten (Mehrverkehr, Aufwirbeln von Schmutz, Emission, Lärm usw.). Die temporäre Einschränkung der Parkplatznutzung wird als klein angenommen, da keine Parkfelder versperrt werden. Die Folgen wären eine Reduktion der Aktivität und Einnahmen (Parkgebühren).

Nutzen oder Kosten
Die Reinigung zählt zu den Unterhaltsarbeiten. Daher ist sie ein Ressourcenverbrauch des Betreibers und wird aus diesem Grund als Kosten eingestuft.

Mengengerüst
Die Reinigungskosten variieren mit der Grösse der Parkfläche und dem damit verbundenen Arbeitsaufwand. Tabelle 17 gibt einen Überblick der Reinigungskosten.

Tabelle 17 Überblick Reinigungskosten

Was	Beschrieb	Kosten	Einheit
Strassenreinigung	Flächenreinigung	47.45[1]	CHF/PF*a
Kleinstkehrmaschine	Trockenreinigung mit Chauffeur	116.40	CHF/h
Kleinkehrmaschine	Trockenreinigung mit Chauffeur	123.45	CHF/h
Mittelkehrmaschine	Trockenreinigung mit Chauffeur	138.50	CHF/h
Kommunalfahrzeug	Nassreinigung mit Chauffeur	129.50	CHF/h
Personalkosten	Kosten pro Personal	92.65	CHF/h
Weg	Anfahrtspauschale pro Fahrzeug	130.45	CHF
Wasser, Wischgut	Bezug Frischwasser, Entsorgung Abwasser, Wischgut	Nach Aufwand	CHF

Quelle: Stadt Zürich, 2007 ([1]basierend auf Quadratmeterpreis)

Eine kleine Fläche wird aus wirtschaftlichen Gründen oft von Hand gereinigt. Daher fallen Kosten für Strassenreinigung, Personal, Kommunalfahrzeug (Materialtransport) mit Anfahrtspauschale, Wasser und Wischgut an. Für eine grosse Fläche wird aus denselben Gründen oft eine Reinigungsmaschine verwendet. Kosten sind für das Fahrzeug mit Anfahrtsweg, Wasser und Wischgut zu erwarten. Auch eine Kombination beider kann bei Möglichkeit verwendet werden.

Wertgerüst
Die Reinigungskosten werden bereits mit einem Geldwert ausgedrückt. Dabei wird für die Ermittlung des Richtwerts pro Parkfeld von einem Einsatz pro Woche à 15 Minuten

ausgegangen. Dadurch sind mit Personalkosten von rund 1’300 CHF/PF*a bei einem Stundenansatz von 92.65 CHF (siehe Tab. 16) zu rechnen. Zusätzlich sind Kosten von 47.45 CHF/PF*a für die Strassenreinigung und schätzungsweise 1’820 CHF/PF*a für die Nutzung von Material und Maschinen zu berücksichtigen (siehe Tab. 17).

Zeitpunkt
Die Reinigung wird normalerweise in einem Ausführungsintervall (z.B. einmal in der Woche) durchgeführt. Daher wird sie jährlich in der Kosten-Nutzen-Analyse berücksichtigt.

Ersatzinvestitionen

Beschrieb
Die Ersatzinvestitionen bestehen einerseits aus dem Ersatz des Elements beim Erreichen der Lebensdauer und der Reparatur bei externen Einwirkungen, wie z.B. Vandalismus, Störungen durch Kälte, Schäden durch Naturereignisse. Während beim Ersatz das gesamte Element ersetzt werden muss, wird bei der Reparatur ein Teil des Elements erneuert.

Auswirkungen auf andere Nutzen- und Kostenelemente
Die Auswirkungen bei Ersatz oder Reparatur sind dieselben wie beim Bau- bzw. Installation und Betrieb des Elements. Wird z.B. die Parkuhr beschädigt oder fällt sie aufgrund Kälte aus, sind die Einnahmen kleiner. Bei einer nicht erkennbaren Signalisation infolge Vandalismus, fallen dessen Effekte weg d.h. Suchzeitreduktion, Mehrverkehr usw. Die Auswirkungen können je nach Ausfall stark variieren. Für alle gilt jedoch, dass Personal-, Material- und oft Fahrzeugkosten entstehen.

Nutzen oder Kosten
Die Ersatzinvestitionen sind Unterhaltsarbeiten. Daher sind sie ein Ressourcenverbrauch des Betreibers und werden aus diesem Grund als Kosten eingestuft.

Mengengerüst
Ist die Lebensdauer (siehe Tab. 6) kürzer als die Betrachtungsdauer sind Ersatzkosten zu berücksichtigen. Diese müssen anhand der Bau- oder Installationskosten abgeschätzt werden. Je nach Bestandteil und Ausfall können Elemente wiederverwendet werden und führen zu einer Reduktion der Kosten. Die Reparaturkosten sind abhängig vom Ereignisfall und sind daher schwer zu bestimmen. Als Richtwert pro Reparatur können 20 - 50 % der Ersatzkosten dienen. Es ist dabei jedoch zu beachten, dass Reparaturen in unterschiedlichen Intervallen erfolgen.

Wertgerüst
Die Ersatzinvestitionen werden bereits mit einem Geldwert ausgedrückt.

Zeitpunkt
Die Ersatzkosten sind nach Ablauf der Lebensdauer zu berücksichtigen. Die Reparaturkosten fallen während der Nutzungsphase an und sind anhand Referenzbeispielen abzuschätzen.

Beleuchtung

Beschrieb
Die Beleuchtung benötigt Energie für die Erzeugung von Licht. Zudem sind Unterhaltsarbeiten durchzuführen, um die Beleuchtungsqualität aufrechtzuhalten. Diese kann durch Pflanzen, Schmutz oder Alterung der Leuchten eingeschränkt werden. Aus diesem Grund sind Kontrollen, Reinigungen und Wartungen notwendig.

Auswirkungen auf andere Nutzen- und Kostenelemente
Die Beleuchtung wird für gute Sichtverhältnisse während der Dunkelheit benötigt. Daher wirkt sie sich auf Unfallkosten, Sicherheit (Kriminalität) und Gesundheit der Bevölkerung aus. Der Energieverbrauch beeinflusst durch die bei der Produktion entstehenden Treibhausgase die Umwelt negativ. Zudem beeinträchtigt die Beleuchtung aufgrund des künstlichen Lichts den Tag-Nacht-Rhythmus von Mensch und Tier.

Nutzen oder Kosten
Die Betriebs- und Unterhaltskosten der Beleuchtung sind ein Ressourcenverbrauch des Betreibers und werden aus diesem Grund als Kosten eingestuft.

Mengengerüst
Die benötigte Energie ist abhängig von der Leuchtenanzahl, Lampentyp und den Betriebsstunden. Während übliche Lampentypen nachts eingeschaltet sind, werden inzwischen immer häufiger dynamische Beleuchtungen verwendet, die bei einer allfälligen Bewegung eingeschaltet werden. Dadurch reduziert sich deren Betriebsstunden, was zudem zu einer Reduktion der Wartungsarbeiten führt (siehe Tab. 18).

Tabelle 18 Betrieb und Unterhalt einer Beleuchtung

	Natriumdampf-Hochdrucklampen	LED
Betriebsregime[1]	Nachtabsenkung	Voll dynamisch
Leistung pro Leuchte inkl. Betriebsgerät[1]	100 W + 21 W	67 W total
Betriebsstunden[1]	3'140 h/a	721 h/a
Energieverbrauch pro Leuchte[1]	380 kWh/a	48 kWh/a
Reinigung der Leuchten[2]	Nach Bedarf: 1 - 5 Jahre	Nach Bedarf: 1 - 5 Jahre
Ersatz der Lampe[2]	2 - 5 Jahre	12 - 15 Jahre
Elektrische und mechanische Kontrollen[2]	Mind. alle 5 Jahre	Mind. alle 5 Jahre

Quellen: [1]BFE, 2016, [2]Aeschbacher, 2014

Wertgerüst

Der Strompreis beträgt abhängig vom Anbieter und Kanton zwischen 20 - 30 Rappen pro KWh (ElCom, 2017). Dadurch entstehen jährliche Stromkosten von ca. 76 - 114 CHF für eine Entladungslampe bzw. 10 - 15 CHF für eine LED-Lampe. Mit der Formel (4) bzw. (5) kann der Richtwert pro Parkfeld ermittelt werden (siehe Tab. 36). Die Kosten für Ersatz, Reparatur, Reinigung und Grünpflege sind in den entsprechenden Kapiteln zu finden.

Zeitpunkt

Die Kosten für Energie fallen jährlich an. Die Reinigung der Leuchten wird je nach Bedarf alle 1 - 5 Jahre und die Kontrollen mindestens alle 5 Jahre durchgeführt. Zudem müssen die Lampen alle 2 - 5 Jahre bei Entladungslampen und 12 - 15 Jahre bei LED-Lampen ersetzt werden (Aeschbacher, 2014).

Signalisation

Beschrieb

Für die Funktionalität der statischen Signalisation sind Unterhaltsarbeiten, wie Reinigung und Reparatur, notwendig. Die dynamische Signalisation muss zusätzlich mit Energie betrieben, gewartet und bei Störungen betreut werden.

Auswirkungen auf andere Nutzen- und Kostenelemente

Die benötigte Energie für die dynamische Signalisation beeinflusst durch die bei der Produktion entstehenden Treibhausgase die Umwelt negativ. Die Folgeauswirkungen sind in Abbildung 2 dargestellt. Zudem ist eine technische Betreuung notwendig, die unter anderem neue Arbeitsplätze generiert. Die verkehrstechnischen Auswirkungen wurden bereits im Abschnitt `Installation, Signalisation` beschrieben.

Nutzen oder Kosten

Die Betriebs- und Unterhaltskosten der Signalisation sind ein Ressourcenverbrauch des Betreibers und werden aus diesem Grund als Kosten eingestuft.

Mengengerüst

Die Reinigungs-, Ersatz- und Reparaturkosten sind bereits in den entsprechenden Kapiteln abgedeckt. Die Kosten für Betrieb und Unterhalt der dynamischen Signalisation betragen ungefähr 56’000 CHF/Jahr bei 1’600 Parkfelder. Dabei enthalten sind 20 Stellenprozente, die für die technische Betreuung, wie Wartung, Behebung von Defekten, Störungen und Beschädigungen, benötigt werden (Stadt Aarau, 2007).

Wertgerüst

Die Betriebs- und Unterhaltskosten für die statische Signalisation wird in den entsprechenden Kapiteln thematisiert. Für die dynamische Signalisation wird von Fixkosten von 36’000 CHF (technische Betreuung) und variablen Kosten von 20’000 CHF (Funktionalität Schranken, Sensoren etc.) ausgegangen. Dadurch können die Kosten pro Parkfeld wie folgt ermittelt werden:

$$\text{Kosten Betrieb dyn. Signalisation}\left[\frac{\text{CHF}}{\text{PF}}\right] = \frac{36'000\ \text{CHF}}{\text{Anzahl PF}} + \frac{20'000\ \text{CHF}}{1'600\ \text{PF}} \qquad (11)$$

Der Strompreis wird von den jährlichen Kosten für die LED-Lampen hergeleitet (siehe Beleuchtung). Es wird daher angenommen, dass die jährlichen Stromkosten ca. 50 - 80 CHF für eine dynamische Signalisation betragen (tiefere Beleuchtungsstärke, -qualität, aber höhere Betriebsdauer und Sensoren/Schranken) und linear über die Anzahl Parkfelder aufgeteilt werden können (siehe Tab. 36).

Zeitpunkt

Die Betriebs- und Unterhaltskosten für die Signalisation fallen jährlich an.

Bewirtschaftung (Parkgebühren)

Beschrieb

Der Betrieb der Bestandteile der Parkplatzbewirtschaftung beinhaltet alle Nutzen- und Kostenelemente für die Gewährleistung der Funktionalität des Zahlungssystems. Diese können je nach verwendetem Modell stark variieren. Zu berücksichtigen sind neben den Ersatzinvestitionen, die Installations-, Energie- und Personalkosten für die Bewirtschaftung des Zahlungssystems.

Auswirkungen auf andere Nutzen- und Kostenelemente

Die benötigte Energie verursacht bei deren Produktion eine Erhöhung des Treibhausgas- und Schadstoffanteils. Dies hat negative Auswirkungen auf die Umwelt und Gesundheit der Bevölkerung. Wird der Betrieb des Zahlungssystems gewährleistet, können Parkgebühren erhoben werden. Dies führt zu einer Einnahmequelle der Behörden. Des Weiteren wird das Landschafts- und Ortsbild mit deren Folgeauswirkungen beeinträchtigt. Je nach Lage und Ausführung des Zahlungssystems beeinflusst es zudem die Reisezeit und den Komfort des Benutzers. Beispiele hierfür sind der zusätzliche Zeitaufwand infolge Gehweg Parkfeld-Parkuhr und die Zahlungsmöglichkeiten (Kreditkarte, Bargeld, CHF/€).

Nutzen oder Kosten

Die Betriebs- und Unterhaltskosten der Bestandteile der Parkplatzbewirtschaftung sind ein Ressourcenverbrauch des Betreibers und werden aus diesem Grund als Kosten eingestuft. Die Parkgebühr ist hingegen ein Nutzen, da sie aus der Sichtweise des Staates Einnahmen sind.

Mengengerüst

Die Personalkosten beinhalten die Kosten für die Durchführung der Parkkontrollen, Leerung der Parkuhren inklusive Transport, Zählung, Buchhaltung und Administration. Der damit verbundene Zeitaufwand hängt vom gesamten System ab. Wird z.B. eine Parkuhr mit Parknummer verwendet, muss die erlaubte Aufenthaltsdauer des Nutzers beim Automaten abgerufen werden. Bei einer Parkuhr für Parktickets, die hinter der Frontscheibe deponiert werden, wird die Kontrolle direkt beim Fahrzeug stattfinden. Dies führt zu unterschiedlichen Zeitaufwänden für das Personal und Benutzer bei deren Verwendung. Auch die mögliche Anzahl an bewirtschafteten Parkfeldern pro Parkuhr und das Kassenvolumen beeinflussen den jährlichen Aufwand. Deckt die Parkuhr wenige Parkfelder ab, ist eine höhere Anzahl an Parkuhren notwendig, um das ganze Areal zu bewirtschaften. Ist das Kassenvolumen klein, sind mehrere Leerungen pro Jahr nötig. Tabelle 19 gibt einen Überblick über zwei ausgewählte Parkuhrentypen.

Tabelle 19 Überblick von zwei Parkuhren

	TOMeco	eliteLS
System	Parkplatznummer	Parkplatznummer/-ticket
Anzahl	10 Parkfelder	4'000 Tickets
Bezahlung	14 versch. Münzen CHF/€	Münzen, Kreditkarte, Chip&kontaktlos
Kassenvolumen	900 CHF	6 Liter
Energie	Solarzellen mit Akku	1.44 - 1.92 KW pro Tag
Störungsmeldung	GPRS	Direkt
Systemanpassung	Memorystick	Direkt

Quelle: Taxomex, 2017

Der Zeitaufwand für die erwähnten Tätigkeiten ist schwierig abzuschätzen. Die folgende Formel soll eine solche Abschätzung veranschaulichen. Für die Ermittlung der Parameter kann ein Referenzbeispiel verwendet werden. Die Leerung sollte vor dem Erreichen des Kassenvolumens stattfinden.

$$\text{Leerungsintervall } [\text{d}] \leq \frac{\text{Kassenvolumen } [\text{CHF}]}{\sum \text{Einnahmen pro Tag } \left[\frac{\text{CHF}}{\text{d}}\right]} \qquad (12)$$

Auf das Landschafts- und Ortsbild, die Reparatur- und Ersatzkosten sowie den Einfluss auf die Umwelt wird in den entsprechenden Kapiteln eingegangen.

Andere Möglichkeiten der Bewirtschaftung

Neben den unterschiedlichen Parkuhren, können auch andere Systeme verwendet werden. Tabelle 20 gibt einen Überblick verschiedener Möglichkeiten mit den zu erwartenden Einflussgrössen. Dabei werden die Personalkosten in Kosten für Leerung inklusive Transport, Zählung, Buchhaltung und Administration, Kosten für Kontrollen und administrative Kosten unterteilt. Die Messbox ist ein registriertes Gerät im Auto und kann bei Anfahrt aktiviert resp. Abfahrt deaktiviert werden. Der GPS-Standort und die Dauer bestimmen dadurch die Parkgebühr (Shoup, 2011). Nicht zusätzlich erwähnt wird zusätzlich die Parkuhr mit Schranken, die vor allem in Parkhäusern zum Einsatz kommen. Diese Kosten setzen sich aus einer Kombination der Kostenelemente für die Parkuhr und Schranken (vgl. Tab. 13) zusammen.

Tabelle 20 Überblick Möglichkeiten der Parkplatzbewirtschaftung

Kostenelemente	Parkuhr	Messbox/Mobiltelefon	Blaue Zone	Freie Zone
Installationskosten	14'800 CHF	0 - 500 CHF pro Fzg.	-	-
Ersatzinvestitionen (Reparatur, Ersatz)	Ja	Ja	-	-
Wartung (Störungen, Ausfall)	Ja	Ja (Akku, Systemstörungen)	-	-
Leerung	Ja	-	-	-
Kontrollen	Ja	Ja[1]	Ja	-
Administration	Mittel	Hoch	Tief	Tief
Energiekosten	Mittel/Tief	Tief	-	-
Umwelt (Energieproduktion)	Mittel/Tief	Hoch/Mittel	-	-
Reisezeit (Gehweg)	Ja	-	-	-
Zahlungskomfort	Abhängig (Münzen, Kreditkarte)	Hoch[1] (i.d.R. Rechnung)	-	-
Einnahmen (Parkgebühr)	Ja	Ja[1]	Nein (ausser Parkkarte)	Nein
Landschafts- und Ortsbild	Ja	-	-	-
Nutzer (Aktivität)	Alle	Eingeschränkt[1] (registriertes Gerät)	Alle (Parkscheibe)	Alle
Parkdauer	Abhängig	Abhängig	Begrenzt	Unbegrenzt

Quelle: [1]Shoup, 2011

Parkgebühren

Die Einnahmen setzen sich aus den Parkgebühren, Aufenthaltsdauer und Fahrzeugumschlag zusammen. Dabei können die Kosten örtlich und je nach festgelegten Zielen des Betreibers (Nachfrageregulation) stark variieren. Beispiele hierfür sind unterschiedliche Kosten pro Stunde für längere Aufenthaltszeiten, pro Wochentag und während Tag und Nacht oder Maximalkosten pro Aufenthalt. Für die Bestimmung der Parkgebühren können grundsätzlich vier Ansätze gewählt werden.

1. Parkgebühren um Kosten zu decken

Die Gebühren werden kostendeckend gewählt. Die Betriebs- und Unterhaltskosten sollen den jährlichen Einnahmen entsprechen. Dadurch sind theoretisch keine Kosten für den Betreiber zu erwarten. Der Benutzer zahlt die entstehenden Kosten für die Bereitstellung des Parkplatzes selber (Verursacherprinzip). Teilweise werden die Gebühren ein wenig höher festgelegt, um die Bau- und Installationskosten über die Lebensdauer des Parkplatzes zu erwirtschaften. Dabei soll die Gewinnschwelle über die Jahre erreicht werden. Der Staat (Betreiber) legt dabei fest, wieviel er subventionieren möchte. Es ist zu beachten, dass die Parkgebühren die Auslastung und den Umschlag des Parkplatzes (Nachfrage) bestimmen und somit auch die endgültigen Einnahmen.

$$\text{Betriebs} - \text{ und Unterhaltskosten pro Jahr} \approx \text{Gebühreneinnahmen pro Jahr}$$

2. Parkgebühren zur Verkehrskoordination

Die Gebühren werden so gewählt, dass eine bestimmte Anzahl an Parkfeldern permanent frei bleibt. Dafür ist eine örtliche und zeitliche Anpassung notwendig, um der wandelnden Nachfrage entgegenzuwirken und diese zu regulieren. Shoup entwickelte eine solche Theorie. Er empfiehlt die dynamische Anpassung der Gebühren. Dabei soll die Parkplatzauslastung so reguliert werden, dass immer ein Parkfeld frei bleibt. Dadurch reduziert sich der Suchverkehr, da der Sucher immer ein Parkfeld zur Verfügung hat und nicht einen voll ausgelasteten Parkplatz vorfindet. Die negativen Folgeauswirkungen des Suchverkehrs könnten dadurch reduziert und womöglich höherer Einnahmen generiert werden (Axhausen, 2015).

3. Parkgebühren anhand Marktpreis

Eine weitere Möglichkeit ist die Bestimmung der Gebühren anhand des Marktpreises. In Japan sind Parkplätze in der Regel im Besitz von Privaten, Firmen, Dienstleistungsanbietern etc. Dadurch werden die Gebühren anhand deren Ermessen festgelegt, welcher sich aufgrund Angebot und Nachfrage ungefähr im Bereich des örtlichen Marktpreises bewegt. Die Verantwortung zur Bereitstellung von Parkplätzen liegt dadurch bei der Bevölkerung. Sie kann unbenutztes Land als Parkplatz nutzen und agiert nachfrageorientiert. Mit diesem Ansatz scheint gemäss Umfragen die Parkplatzsuche in Japan keine Schwierigkeiten zu verursachen, da wie nach Shoup die Nachfrage durch das Angebot grundsätzlich gedeckt wäre. Dadurch würden sich die Folgeauswirkungen des Suchverkehrs (Suchzeit, Umweltbelastung usw.) reduzieren (Axhausen, 2015).

4. Kombination

Die Kombination aus einem Ansatz der Deckung der Betriebs- und Unterhaltskosten und einem nachfrageorientierten Ansatz ist eine weitere Möglichkeit um die Parkgebühren festzulegen. Dafür werden die Gebühren anhand der Nachfrage und Auslastung (Ansatz 2 oder 3) bestimmt. Sind sie jedoch nicht kostendeckend, werden sie auf den Minimalwert gemäss Ansatz 1 erhöht.

Wertgerüst
Die Betriebs- und Unterhaltskosten der Parkuhr werden bereits als Geldwert ausgedrückt. Dabei wird für die Ermittlung des Richtwerts pro Parkfeld von 1 - 4 Stunden Aufwand pro Woche ausgegangen (Leerung, Zählung, Transport, Kontrolle, Administration). Dadurch sind mit Personalkosten zwischen 5 - 20'000 CHF/PF*a bei einem Stundenansatz von 92.65 CHF (siehe Tab. 16) zu rechnen. Die zusätzliche Reisezeit zu Fuss für den Weg vom Parkfeld zur Parkuhr und allenfalls zurück kann mit 53.5 CHF/h monetarisiert werden (ASTRA, 2016). Dies resultiert in Kosten von ca. 500 CHF/PF*a unter der Annahme einer Gehgeschwindigkeit von 3.6 km/h, einer durchschnittlichen Distanz von 20 m und einem Fahrzeugumschlag von 4.5 Fzg./d (vgl. Tab. 27). Der Strompreis wird von den jährlichen Kosten für die LED-Lampe hergeleitet (siehe Beleuchtung). Es wird daher angenommen, dass die Stromkosten ca. 20 - 30 CHF/a für eine herkömmliche Parkuhr betragen (tiefere Beleuchtungsstärke, -qualität, aber höhere Betriebsdauer). Mit der Formel (10) kann der Richtwert pro Parkfeld ermittelt werden (siehe Tab. 36).

Zeitpunkt
Die Kosten infolge Personal, Strom und Gehdistanz sowie der Nutzen der Parkgebühren sind jährlich zu berücksichtigen.

Personalkosten Sicherheit

Die Personalkosten wurden im Bereich `Betrieb` aufgrund des hohen Anteils an den totalen Kosten pro Element ermittelt. Die Kosten für die polizeiliche Überwachung werden auf 1'500 CHF/PF*a geschätzt. Dabei wurde von 1 - 2 Kontrollen pro Woche bei einem Kostenansatz von 92.65 CHF/h (vgl. Tab. 16) ausgegangen.

Zeitpunkt
Die Personalkosten Sicherheit sind jährlich zu berücksichtigen.

Umwelt

Bodenversiegelung

Beschrieb
Bebaute Flächen führen zu einer Versiegelung des Bodens. Durch deren Bedeckung kann der natürliche Boden mit dessen Aufgaben als Lebensraum, Nährstoff- und Wasserspeicher seine Funktionen nicht mehr erfüllen. Der Naturhaushalt wird gestört.

Auswirkungen auf andere Nutzen- und Kostenelemente
Neben den Auswirkungen auf das Landschafts- und Ortsbild und entstehenden Wärmeinseleffekt, führt die Bodenversiegelung zu einer eingeschränkten Versickerung von Regen- bzw. Abwasser. Dies führt auf der einen Seite zu erhöhtem Oberflächenwasser mit Auswirkungen auf die Sicherheit der Verkehrsteilnehmer und auf der anderen Seite zu einer konzentrierteren Versickerung mit Auswirkungen auf das Grundwasser und dessen Schadstoffkonzentration. Als Massnahme wird ein entsprechendes Entwässerungssystem benötigt (vgl. Entwässerung). Ausserdem führt die Versiegelung zu Einschränkungen des Erholungs- und Lebensraums mit Folgeauswirkungen auf Mensch und Tier.

Nutzen oder Kosten
Die Bodenversiegelung ist ein Ressourcenverbrauch der Allgemeinheit und wird aus diesem Grund als negativer Nutzen eingestuft.

Mengengerüst
Als Bezugseinheit der Bodenversiegelung dient die effektiv versiegelte Fläche. Dabei ist die Parkfläche, Zufahrt und Faktoren wie Bodenverdichtung, Auswirkungen beim Bau etc. zu berücksichtigen. In Anlehnung an die VSS-Norm SN 641 828 zeigt die folgende Tabelle den Flächenverbrauch auf. Dabei wurden beim Parkplatz im Vergleich zu einer Strasse aufgrund der tieferen Belastung im Betrieb pro Seite nur 2 m berücksichtigt (vgl. VSS-Norm SN 641 828, Tab. 8). Zu berücksichtigen ist zudem der Versiegelungsgrad des Untergrundes. Dieser variiert je nach Parkplatzart (siehe Tab. 22).

Tabelle 21 Flächenverbrauch

Typ	Beschrieb	Flächenverbrauch
Parkplatz	Die benötigte Fläche für den Parkplatz und dessen Funktionalität.	Platzbedarf plus je 2 m pro Seite
Zufahrt[1]	Übrige Strassen	Platzbedarf der Strasse plus 10 m links und rechts der Strasse

Quelle: [1]VSS-Norm SN 641 828, 2009, Tabelle 8

Tabelle 22 Versiegelungsgrad

Typ	Beschrieb	Verdichtungsgrad
Vollversiegelt	Asphalt, Beton und wasserundurchlässige Pflasterbeläge mit einer max. Fugenbreite von 1 cm	100 %
Teilversiegelt Kat. A	Versickerungsfähiger Untergrund: Pflaster- und Plattenbeläge mit einer Fugenbreite > 1 cm	60 %
Teilversiegelt Kat. B	Rasengittersteine, Kies, Schotter	20 %

Quelle: Verwaltungsgemeinschaft Nabburg, 2016

Die effektiv zu berücksichtigende Fläche für die Monetarisierung der Bodenversiegelung ist somit gegeben durch die Formel:

$$\text{Effektive Fläche } [\text{ha}] = \text{Flächenverbrauch } [\text{ha}] * \text{Verdichtungsgrad } [-] \quad (13)$$

Wertgerüst

Als Kostensatz wird der Ausgangswert wie in der VSS-Norm SN 641 828 verwendet. Dabei wird der gegebene Wert mit dem Konsumentenpreisindex auf das Jahr 2016 angepasst. Somit beträgt der Kostensatz 3'063 CHF pro Hektare pro Jahr (Preisstand 2016) bei verwendetem Konsumentenindex von 104.7 (2005) bzw. 106.9 (2016). Tabelle 23 gibt die Kosten pro Parkfeld abhängig vom Versiegelungsgrad wieder. Dabei wurde von einem Flächenverbrauch von 31 m^2 ausgegangen (Parkfläche 5 m x 2.5 m (siehe Tab. 10) + je Seite 2 m (siehe Tab. 21)).

Tabelle 23 Kosten der Bodenversiegelung pro Parkfeld

Versiegelungsgrad	Kosten [CHF/PF]
Vollversiegelt	10
Teilversiegelt Kat. A	6
Teilversiegelt Kat. B	2

Zeitpunkt
Der negative Nutzen der Bodenversiegelung tritt in jedem Jahr auf. Eine allfällige Veränderung der Fläche ist zu berücksichtigen (Speziell: Bauphase).

Landschafts- und Ortsbild

Beschrieb
Die bebaute Parkplatzfläche inklusive Zufahrt und dem damit verbundenen Verkehr kann das Landschafts- und Ortsbild beeinträchtigen. Der Wert der Erholung, Ruhe, Aussicht, Ästhetik etc. ist eingeschränkt.

Auswirkungen auf andere Nutzen- und Kostenelemente
Das Landschafts- und Ortsbild hat einen Einfluss auf die örtliche Bevölkerung, Touristen, Arbeitnehmer und Besucher. Die Auswirkungen sind individuell verschieden. Je nach Präferenzen wird die Erholung in der Natur, die Ruhe, die Aussicht oder generell die Ästhetik beeinträchtigt. Dies kann Folgeauswirkungen auf das Wohlbefinden und die Gesundheit des Einzelnen haben. Im Extremfall kann dies zudem zu einer Reduktion der Touristen, negative Auswirkungen auf den örtlichen Wohnungsmarkt und dessen Mietpreise haben.

Nutzen oder Kosten
Die Beeinträchtigung des Landschafts- und Ortsbildes ist ein Ressourcenverbrauch der Allgemeinheit und wird aus diesem Grund als negativer Nutzen eingestuft.

Mengengerüst, Wertgerüst, Zeitpunkt
Die VSS-Norm SN 641 828 beschreibt unter anderem die Beurteilung des Landschafts- und Ortsbildes. Dieses Vorgehen kann auch für den Parkplatz inklusive Zufahrt angewendet werden. Es ist dabei jedoch zu beachten, dass die Einstufung der Einschränkungen stark von der Wahl der Parkplatzart (Asphalt, Rasengittersteine, Kies etc.) und dessen Gestaltung abhängig ist. Tendenziell wirken Unterlagen aus Kies, Schotter oder Rasengittersteinen weniger störend als aus Asphalt oder Beton.

Energieproduktion

Beschrieb

Die Kosten für Energie werden in den einzelnen Bestandteilen des Parkplatzes d.h. Beleuchtung, Signalisation usw. beschrieben. Während der Produktion von Energie wird jedoch die Umwelt durch die Emission von Schadstoffen und Treibhausgasen belastet. Dies wird in diesem Abschnitt thematisiert.

Auswirkungen auf andere Nutzen- und Kostenelemente

Die Auswirkungen der Luftverschmutzung durch die Produktion von Energie wirkt sich auf dieselben Faktoren aus wie die verändernde Luftqualität durch den Verkehr. Je nach Standort der Produktionsstätte führt sie zu unterschiedlichen Auswirkungen auf die Gesundheit von Mensch und Tier mit einhergehenden Zusatzkosten und Folgen. Zudem beeinträchtigt sie die Natur in Form von Ernteausfällen, Bodenqualität etc. und verursacht Kosten für Renovations- und Reinigungskosten bei Gebäuden.

Nutzen oder Kosten

Die Produktion von Energie mit dessen negativen Auswirkungen auf die Umwelt ist ein Ressourcenverbrauch der Allgemeinheit und wird aus diesem Grund als negativer Nutzen eingestuft.

Mengengerüst

Als Input dient bei der Beurteilung der Produktion von Energie die Menge an Energie in MWh pro Jahr, die für den Betrieb benötigt wird. Für einen Parkplatz beinhaltet sie in erster Linie die Energie für Beleuchtung, Parkuhr und Signalisation. Für die Bauphase muss der Energieverbrauch infolge Maschinen, zusätzlicher Beleuchtung, Warnsignale usw. berücksichtigt werden. Als Richtwert sind in Tabelle 24 die Kosten einer Beleuchtung angegeben. Die Beleuchtung scheint normalerweise der grösste Energieverbraucher im Betrieb eines Parkplatzes zu sein. Der effektive Energieverbrauch ist dabei abhängig von der Anzahl an Leuchten, Lampentyp, Leistung und Betriebsstunden. In einem Parkhaus beträgt der durchschnittliche Elektrizitätsverbrauch der Beleuchtung bzw. der dazukommenden Lüftung pro Fläche und Jahr 6 bzw. 0.8 kWh/m^2 (Gloor, 2011).

Tabelle 24 Energieverbrauch einer Beleuchtung

	Natriumdampf-Hochdrucklampen	LED
Betriebsregime	Nachtabsenkung	Voll dynamisch
Leistung pro Leuchte inkl. Betriebsgerät	100 W + 21 W	67 W total
Betriebsstunden	3'140 h/a	721 h/a
Energieverbrauch pro Leuchte	380 kWh/a	48 kWh/a

Quelle: BFE, 2016

Wertgerüst

Als Kostensatz wird derselbe Wert wie in der VSS-Norm SN 641 828 verwendet. Unter Berücksichtigung der vorgegebenen Anpassungen über die Zeit wird ein Kostensatz von ungefähr 37 CHF pro MWh (Preisstand 2016) ermittelt. Unter der Verwendung der Formeln (4) und (5) sind mit Kosten pro Parkfeld von 14 CHF bei Entladungslampen bzw. 2 CHF für LED-Lampen pro Leuchte und Jahr zu rechnen (siehe Tab. 24, Energieverbrauch pro Leuchte).

Zeitpunkt

Der negative Nutzen der Produktion von Energie tritt in jedem Jahr auf. Eine allfällige Veränderung des Energieverbrauchs ist zu berücksichtigen.

Wärmeinseleffekt

Beschrieb

Der Wärmeinseleffekt tritt in bebauten Gebieten auf. Die Sonneneinstrahlung tagsüber wird auf der bebauten Oberfläche absorbiert und heizt die Oberfläche auf. Diese Wärme wird mit der Zeit der Umgebung abgegeben (Treibhauseffekt). Zudem reduziert die bebaute Fläche die Vegetation, welche durchs Verdunsten eine Gegenwirkung verursacht hätte. Dabei gilt je kleiner der Anteil vegetationsbedeckter Fläche, desto höher sind die Temperaturen (Korby, 2014).

Auswirkungen auf andere Nutzen- und Kostenelemente

Neben der örtlichen Temperaturveränderung verändert der Wärmeinseleffekt das Niederschlagsverhalten in der Umgebung, was wiederum Einfluss auf den Wasserhaushalt (Grundwasserspiegel) hat. Zudem wird das Klima und die Vegetation beeinflusst mit Folgen

für die Natur und Gesundheit der Bevölkerung. Verlängerte Vegetationszeiten, kürzere Frostzeiten, Hitzestress und Ausbreitung respektive Einwanderung von Schädlingen sind einige Auswirkungen des Wärmeinseleffekts (Korby, 2014).

Nutzen oder Kosten

Der Wärmeinseleffekt mit seinen negativen Auswirkungen auf die Umwelt und die Gesundheit ist ein Ressourcenverbrauch der Allgemeinheit und wird aus diesem Grund als negativen Nutzen eingestuft.

Mengengerüst

Als Mengengerüst dient einerseits die Fläche des Parkplatzes inklusive Zusatzflächen und die Wärmeabstrahlung der einzelnen elektronischen Bestandteile eines Parkplatzes sowie der parkierenden Autos. Es ist dabei zu beachten, dass dieser Wert unter anderem von der Parkplatzart abhängig ist (siehe Tab. 25). Umso höher dabei das Reflexionsvermögen, umso tiefer ist die gespeicherte Wärme.

Tabelle 25 Reflexionsvermögen verschiedener Oberflächen

Oberfläche	Reflexionsvermögen [%]
Grünes Gras	26
Beton	14 - 22
Asphalt	12 - 15
Schotter	5 - 10

Quelle: Korby, 2014

Die Auswirkungen eines einzelnen Parkfeldes scheinen gering. Die Summe aller Parkfelder trägt zu den nicht zu unterschätzenden Auswirkungen des Wärmeinseleffekts bei. In Berlin stieg die mittlere Lufttemperatur von 1972 - 2002 um 1.2 K (= 1.2 Grad) (Korby, 2014).

Eine Studie zur Beurteilung der Temperaturveränderung aufgrund einer neuen Baute fehlt. Man müsste hierfür den Temperaturanstieg in einer Zeitperiode der neu bebauten Fläche gegenüberstellen und versuchen diese zu kategorisieren (Gebäude, Parkplatz usw.). Die Komplexität dieses Vorgehens und die Berücksichtigung der externen Einflüsse stellen die Machbarkeit und Aussagekraft einer solchen Studie in Frage.

Wertgerüst

Um den Wärmeinseleffekt zu beurteilen, fehlt neben dem Mengengerüst für einen Parkplatz

auch einen passenden Monetarisierungsansatz. Ein möglicher Ansatz könnte dabei der Vermeidungskostenansatz sein. Dabei werden die Kosten abgeschätzt, die für die Massnahmen für das Verhindern der Schäden aufkommen (SN 641 820, 2006). Eine Möglichkeit kann z.B. eine materialspezifische Massnahme sein, die zu einer Reduktion des Reflexionsvermögens und somit der Wärmeabstrahlung führt oder eine Gegenmassnahme durch neue Bepflanzungen als Ausgleich zum Temperaturanstieg.

Zeitpunkt
Der Wärmeinseleffekt führt zu einem Temperaturanstieg. Aus diesem Grund ist er in jedem Jahr zu berücksichtigen und anhand Veränderungen der Gegebenheiten anzupassen.

Strassenabwasser

Beschrieb
Regenwasser, welches auf der Strassenoberfläche abfliesst, wird als Strassenabwasser bezeichnet. Es kann aufgrund vorherrschenden Strassenverschmutzung durch Reifen-, Brems- oder Fahrbahnabrieb, Tropfverlust oder sonstigen Abfallprodukten eine erhöhte Schadstoffkonzentration aufweisen. Spritzwasser bei nasser Strasse oder Verwehung bei Wind verursachen eine Verfrachtung der Schadstoffe (SN 640 347, 2009).

Auswirkungen auf andere Nutzen- und Kostenelemente
Neben den Umwelteinflüssen aufgrund Versickerung von verschmutztem Strassenabwasser, kann das Grundwasser mit Auswirkungen auf die Gesundheit der Bevölkerungen beeinträchtigt werden. Beeinflusst wird das Strassenabwasser durch die Verkehrsdichte (Auslastung, Umschlag), Fahrzeugart (Emission), Deckschicht (Belag), Fahrverhalten (Bremsen, Beschleunigung) und Unterhaltsarbeiten (Reinigung, Schneeräumung), die die Oberfläche von Verschmutzung befreit (SN 640 347, 2009). Wird eine entsprechende Entwässerung gewählt, können die negativen Auswirkungen bestmöglich reduziert werden.

Nutzen oder Kosten
Das verschmutzte Strassenabwasser mit seinen negativen Auswirkungen auf die Umwelt und die Gesundheit ist ein Ressourcenverbrauch der Allgemeinheit und wird aus diesem Grund als negativen Nutzen eingestuft.

Mengengerüst
Anhand der VSS-Norm SN 640 347 wird das Potential der Belastung mit Schadstoffen pauschal eingestuft. Öffentliche Parkplätze ohne häufigen Fahrzeugwechsel in Wohn- und Gewerbegebieten werden aufgrund der geringen Boden- und Grundwasserbelastung in die Belastungsklasse `Gering` zugeteilt. Bei häufigem Fahrzeugwechsel sind erhöhte Belastungen

zu erwarten, welche zu einer Einstufung in die Belastungsklasse `Mittel bis Hoch` führen (SN 640 347, 2009).

In einer Forschungsarbeit im Auftrag des Schweizerischen Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS) über die Ökobilanz der Behandlung von Strassenabwasser wurden die Auswirkungen anhand drei Methoden beurteilt. Eine war die Beurteilung anhand Umweltbelastungspunkten mit der Methode der ökologischen Knappheit, die auf dem Vergleich der aktuellen und der gesellschaftlich tolerierten Umweltbelastung basiert. Tabelle 26 gibt einen Überblick der ermittelten Umweltbelastungspunkte für eine jährliche Belastung durch Strassenabwasser für eine 100 m lange und 7.5 m breite Hauptstrasse mit 15'000 Fahrzeuge pro Tag (Gutmann, 2010).

Tabelle 26 Umweltbelastungspunkte für verschiedene Entwässerungssysteme

	Versickerung	Direkte Einleitung	Kanalisation (Mischwasser)
Grundwasserbelastung	300'000	180'000	180'000
Belastung Oberflächengewässer	-	570'000	630'000
Bodenbelastung	60'000	60'000	60'000
Schaden aus Bau- und Betrieb	-	190'000	680'000
Umweltbelastungspunkte	360'000	1'000'000	1'550'000

Quelle: Gutmann, 2010

Für einen Parkplatz sind weniger Umweltbelastungspunkte im Vergleich zu einer 100 m langen und 7.5 m breiten Hauptstrasse mit 15'000 Fahrzeuge pro Tag zu erwarten. Eine Abschätzung ist ohne genauere Untersuchung schwierig durchzuführen. Nichtsdestotrotz kann folgende Formel einen Richtwert ermitteln:

$$\frac{\text{Total Umweltbelastungspunkte}}{15'000\ \left[\frac{\text{Fzg}}{\text{d}}\right]} * \text{Anzahl Parkfelder} * \text{Umschlag}\ \left[\frac{\text{Fzg}}{\text{d}}\right] = \text{Richtwert}$$

Dabei wird angenommen, dass die Belastung der Hauptstrasse mit den gegebenen Abmessungen ungefähr mit dem Durchschnitt aller Parkfelder vergleichbar ist (häufiges Bremsen, Abstellen usw.). Aufgrund dieser Annahme wird das Verkehrsaufkommen die ausschlaggebende Komponente. Zudem gibt Tabelle 26 die unterschiedlichen Umwelteinwirkungen verschiedener Entwässerungssysteme in Relation zueinander wieder.

Wertgerüst

Es sind keine Monetarisierungsansätze für die Beurteilung der Umweltbelastungspunkte in der Literatur vorhanden. Aufgrund deren Komplexität ist eine geeignete Abschätzung zu diesem Zeitpunkt nicht möglich. Ein möglicher Ansatz könnte dabei der Ersatzkostenansatz sein. Dabei werden die Kosten der Massnahmen abgeschätzt, die für den Ersatz oder die Reparatur des Schadens benötigt werden (SN 641 820, 2006). Daher kann für die Monetarisierung des Strassenabwassers die potentiellen Kosten für die Reinigung des Wassers von Schadstoffen verwenden werden.

Zeitpunkt

Der negative Nutzen des Strassenabwassers wird gemäss Annahme in erster Linie durch den Verkehr verursacht. Dadurch ist er grundsätzlich in jedem Jahr zu berücksichtigen.

3.2.2 System Parkplatz

Aktivität (Arbeit, Einkauf, Freizeit)

Die Abstellmöglichkeit des Fahrzeugs führt zu einer Erschliessung des Gebiets. Der Nutzer kann nun mit einem reduzierten Aufwand (Reisezeit, Betriebskosten) einer Tätigkeit nachgehen. Die dabei zusätzlich generierte Aktivität kann unterschiedlich genutzt werden wie z.B. für die Arbeit, den Einkauf oder eine Freizeitaktivität. Aus diesem Grund ist eine Abschätzung des Nutzenwerts schwierig durchzuführen und ist abhängig von den standortbezogenen Möglichkeiten. Zudem sind allfällige Zusatznutzen, wie Auswirkungen auf die Wirtschaft, Steuereinnahmen oder eine Kombination verschiedener Tätigkeiten pro Aufenthalt zu berücksichtigen.

Aus verschiedenen Studien wurde die wirtschaftliche Bedeutung von Parkplätzen in der Stadt Zürich hergeleitet. Tabelle 27 gibt einen Überblick einiger wichtiger Kennwerte für den Zweck Einkauf. Dabei ist anzumerken, dass die Werte unter verschiedener Annahmen ermittelt wurden und somit nur grobe Richtwerte wiedergeben (Jud und Metron, 2011).

Tabelle 27 Einige Kennwerte zur wirtschaftlichen Bedeutung von Parkplätzen

Zweck des Aufenthalts (Stadt Zürich)	46 % Einkauf, 36 % Arbeit, 4 % Restaurant, 14 % Sonstiges
Jahresumsatz Einkauf (Unterschiedlicher Studien in Zürich)	146’000 – 385’000 CHF/PF*a
Volkswirtschaftlicher Nutzen (Rapperswil/Fribourg/Zürich)	93’480/111’735/575’505 CHF/PF*a
Fahrzeugumschlag pro Tag	4.5
Durchschnittlicher Besetzungsgrad	1.5

Quelle: Planungsbüro Jud und Metron, 2011

Aus volkswirtschaftlicher Sicht ist die Wertschöpfung die entscheidende Kenngrösse für die Ermittlung des Nutzens eines Parkplatzes. Aus diesem Grund ist vom Umsatz der Dienstanbieter die Vorleistungen wie Kosten für Wareneinkauf, Energie o.Ä. abzuziehen. Dabei variiert die Gewinnmarge im Detailhandel von Ort zu Ort. In der Zürcher Innenstadt kann von einer Gewinnmarge von 50 %, in Oerlikon 40 % und Wipkingen 33 % ausgegangen werden (Jud und Metron, 2011). Diese Werte können somit als Richtwert für vergleichbare Gebiete verwendet werden. Der Umsatz pro Parkfeld variiert zudem mit der Anzahl an verfügbaren Parkfeldern, dem Fahrzeugumschlag und dem Besetzungsgrad des Fahrzeugs. Des Weiteren muss bei dessen Ermittlung der örtliche Modalsplit berücksichtigt werden. Wurde ein

entsprechender örtlicher Richtwert pro Zweck festgelegt, kann anhand des jeweiligen Zwecks des Aufenthalts der effektive Nutzen pro Jahr bestimmt werden. Tabelle 27 gibt dafür einen Richtwert für ein Stadtgebiet wieder. Während der Einkauf über den Umsatz der lokalen Dienstleistungen und die Arbeit über den Umsatz des Unternehmens pro Mitarbeiter abgeleitet werden kann, ist eine Abschätzung für die Freizeitaktivität um einiges komplexer. Das individuellen Empfinden, die Zufriedenheit wie auch soziale Aspekte sind schwierig zu beurteilen und können womöglich nur über den Zahlungsbereitschaftsansatz monetarisiert werden. Aufgrund Umfragen und individuellen Beurteilungen sind jedoch mit grossen Unsicherheiten zu rechnen. Zudem ist bei der Kostenermittlung zu berücksichtigen, dass auch ohne Parkplatz eine Aktivität stattfinden wird. Es ist somit von der veränderten Aktivität durch die zusätzliche Abstellmöglichkeit auszugehen. Speziell für den Zweck Arbeit ist eine kleine Veränderung zu erwarten, da der Mitarbeiter auch ohne Parkplatz seinem Beruf nachgehen muss. Die effektive Aktivität bleibt konstant. Dafür verursacht der Mitarbeiter durch die Wahl eines anderen Verkehrsmittels oder anderen Parkplatzes eine Veränderung des Modalsplits bzw. Verkehrsaufkommens mit dessen Folgeauswirkungen (siehe Verkehr).

Nutzen oder Kosten
Die Abstellmöglichkeit mit der dabei aufkommenden Aktivität ist ein Ressourcengewinn der Allgemeinheit (Nutzen). Sie ist neben der Reisezeitreduktion und den Gebühreneinnahmen das wichtigste Nutzenelement der Kosten-Nutzen-Analyse und hat einen beachtlichen Anteil am endgültigen Nettobarwert. Die positiven Auswirkungen auf die Wirtschaft mit zusätzlichen Steuereinnahmen werden hingegen als negative Kosten eingestuft, da sie ein Ressourcengewinn der Betreiber (Staat) sind.

Zeitpunkt
Die Aktivität entsteht durch die Bereitstellung des Parkplatzes. Daher ist sie jährlich während der Nutzungsphase zu berücksichtigen.

Reisezeit (Nutzer und Beeinträchtigte)

Die Reisezeit hat einen wesentlichen Anteil an der Kosten-Nutzen-Analyse, beeinflusst etliche Faktoren (Betriebskosten, Verlässlichkeit usw.) und legt deren Ausmass fest. Bestimmt wird sie als die gesamte Zeit, die für die Reise von A nach B benötigt wird. Aus diesem Grund wird sie für die Parkplatznutzung aus den folgenden Komponenten zusammengesetzt:

- Einsteigezeit am Ausgangsort
- Effektive Fahrzeit (Minimale Fahrzeit, Suchzeit, Zugangszeit, Verzögerungen)
- Aussteigezeit beim Parkfeld inkl. Stellen der Parkscheibe o.Ä.

- Gehzeit zum Reiseziel
- Gehzeit zur Parkuhr (und zurück)
- Wartezeit bei Parkuhr, Parkplatz infolge anderen Nutzern
- Zeit für die Bezahlung der Parkgebühr o.Ä.

Während die Einsteigezeit am Ausgangsort normalerweise unverändert bleibt, verändern sich die restlichen Zeiten durch die Bereitstellung eines Parkplatzes. Durch die nähere Lage der Parkierungsmöglichkeit zum Reiseziel, verändert sich die Fahr- und Gehzeit. Grundsätzlich besteht die Möglichkeit, dass sich die Fahrzeit verlängern wird. Durch die Verringerung der Gehzeit wird sich jedoch die effektiv benötigte Reisezeit reduzieren. Auch die Suchzeit und der Zeitverlust infolge Verzögerungen wird sich verringern. Die Nutzer benötigen weniger Zeit einen geeigneten Parkplatz zu finden. Dies kann zudem durch eine geeignete Signalisation und Bewirtschaftung gefördert werden. Folglich wird der Restverkehr durch Geschwindigkeitsreduktion, unsicheres Verhalten der Nutzer o.Ä. weniger beeinträchtigt. Diese Effekte resultieren somit in einer endgültigen Fahrzeitreduktion für Nutzer und Beeinträchtigte. Die Aussteige-, Geh- und Wartezeit wie auch die benötigte Zeit für die Bezahlung der Parkgebühr o.Ä. verändern sich in Abhängigkeit der gewählten Bewirtschaftung. Bei einer Parkuhr wird Zeit zur Parkuhr (und zurück bei Parktickets), allfällige Warte- und Bezahlzeit der Gebühren benötigt. Für eine Bewirtschaftung mit Messbox oder Parkscheibe sind nur mit erhöhten Aussteigezeiten zu rechnen (Aktivierung der Messbox oder Stellen der Parkscheibe). Tabelle 28 und 29 geben einige Richtwerte für die Monetarisierung der Zeitveränderungen und -kosten für den MIV resp. ÖV wieder. Für den Güterverkehr wird auf die VSS-Normen SN 641 823 verwiesen.

Tabelle 28 Monetarisierung der Zeitbeanspruchung

Variable	Zahlungsbereitschaft [CHF/h]
MIV-Reisezeit/Fahrtkosten	22.5
MIV-Abgangszeit/Fahrtkosten	35.2
MIV-Suchzeit/Fahrtkosten	42.4
Reisezeit Fuss	53.5

Quelle: ASTRA, 2016, Tabelle 28

Tabelle 29 Zeitkosten MIV und ÖV nach Wegzweck

Wegzweck	MIV [CHF/h]	ÖV [CHF/h]
Alle Zwecke	23.29	14.43
Pendlerfahrt	31.45	16.08
Einkaufsfahrt	20.72	12.32
Nutzfahrt	32.24	35.73
Freizeitfahrt	22.05	12.01

Quelle: VSS-Norm SN 641 822a, 2009, Tabelle 3

Langfristig kann sich die Reisezeit aufgrund Zunahme der Verzögerungen durch induzierten Verkehr wieder erhöhen (siehe Verkehr). Im Zusammenhang zur Reisezeit ist die Verlässlichkeit speziell zu erwähnen. Durch die Reduktion der Reisezeitvariabilität erhöht sich die Verlässlichkeit der Reise (vgl. VSS-Norm SN 641 825). Reisen, Ausflüge, Treffen oder sonstige Aktivitäten können besser geplant und durchgeführt werden.

Nutzen oder Kosten
Führt der Parkplatz zu einer Reduktion der Reisezeit wird sie als Nutzen eingestuft. Bei einer Erhöhung der Reisezeit ist es ein Ressourcenverbrauch der Allgemeinheit und somit ein negativer Nutzen.

Zeitpunkt
Der Nutzen der Reisezeitveränderung ist in jedem Jahr anzurechnen. Dabei ist die Veränderung durch den induzierten Verkehr über die Zeit zu berücksichtigen. Eine Möglichkeit wäre die Verwendung der `Rule of half`. Dabei wird die Reisezeitveränderung als Mittel über die Zeit angerechnet (vgl. Verkehr).

Betriebskosten Fahrzeuge

Die Betriebskosten der Fahrzeuge bestehen aus einem fixen und variablen Anteil. Der variable Anteil besteht unter anderem aus den Benzinkosten, Mehrkosten infolge Reparatur und Unterhalt, Abschreibung usw. und steigen bei erhöhter Nutzungsdauer des Fahrzeugs an. Die fixen Kosten bleiben konstant. Verändert sich nun die effektive Fahrzeit (siehe Reisezeit), so verändert sich auch die Nutzungsdauer und Betriebskosten. Wie hoch diese Kosteneinsparnisse oder Mehrkosten sind, hängt vom Fahrzeug und Fahrverhalten ab. Die damit verbundenen

Treibstoffsteuern und leistungsabhängigen Schwerverkehrsabgaben sind separat zu beurteilen, da sie aus der Sichtweise des Staates Einnahmen sind.

Nutzen oder Kosten
Die Reduktion der Betriebskosten wird als Nutzen eingestuft. Bei einem Kostenanstieg sind sie ein Ressourcenverbrauch der Allgemeinheit und somit ein negativer Nutzen. Die Einnahmen durch Abgaben (Vignette etc.) und Steuern sind als Nutzen einzustufen. Es handelt sich dabei um ein Ressourcengewinn des Betreibers. Für Richtwerte wird auf die VSS-Norm SN 641 827 verwiesen.

Zeitpunkt
Die Veränderung der Betriebskosten ist in jedem Jahr zu berücksichtigen.

Attraktivität

Die Attraktivität beschreibt wie interessant die Nutzung eines Transportmittels ist. Es handelt sich hierbei grundsätzlich um einen Kosten-Nutzen-Vergleich. Umso höher der Nutzen im Vergleich zu den Kosten, umso attraktiver ist dessen Gebrauch. Wird daher durch die Bereitstellung eines Parkplatzes die Reisezeit und Betriebskosten reduziert, senken sich die Kosten für die Nutzung des Fahrzeugs. Aus diesem Grund resultiert ein grösserer effektiver Nutzen. Die Attraktivität des Transportmittels ist gestiegen.

Nutzen oder Kosten
Die Attraktivität basiert auf den resultierenden Nutzen und Kosten der Fahrzeugnutzung durch den Bau des Parkplatzes. Bei steigender Attraktivität handelt es sich um ein Ressourcengewinn der Allgemeinheit und wird somit als Nutzen eingestuft. Bei einer Reduktion wird sie als negativer Nutzen eingestuft.

Zeitpunkt
Die Veränderung der Attraktivität ist in jedem Jahr zu berücksichtigen.

Modalsplit

Der Modalsplit beschreibt den vorherrschenden Verkehrsmittelanteil in einem Gebiet. Dabei wird normalerweise in motorisierter Individualverkehr, öffentlicher Verkehr und Langsamverkehr unterschieden. Der einzelne Bewohner wählt das Fortbewegungsmittel, mit welchem für ihn das beste Nutzen-Kosten-Verhältnis resultiert. Bei einer Veränderung der Nutzen oder Kosten verändert sich somit die Verkehrsmittelwahl. Wie schnell diese Verschiebung geschieht, hängt von verschiedenen Faktoren wie z.B. Erschliessung, Dauer ÖV-

Abonnement, Verfügbarkeit Personenwagen ab. Bei dieser Veränderung des Modalsplits ist durch den Bau eines Parkplatzes eine Anteilserhöhung des MIVs zu erwarten. Die Folgen wirken sich somit auch auf den ÖV und LV aus. Für den ÖV ist mit einer Veränderung der Auslastung und den damit verbundenen Einnahmen und Betriebskosten zu rechnen.

Nutzen oder Kosten
Der Modalsplit beschreibt die Verkehrsmittelwahl und somit den Einfluss auf andere Fortbewegungsmöglichkeiten. Er beeinflusst einzelne Nutzen- und Kostenelemente, aber kann selber nicht als solches eingestuft werden. Er soll lediglich den Zusammenhang mit den anderen Verkehrsmitteln (ÖV, LV) aufzeigen.

Verkehr

Die Veränderung des Verkehrsaufkommens ist einer der relevanten Kennwerte im Bereich `System Parkplatz`. Durch die Zunahme des Verkehrs infolge Steigerung der Attraktivität der Fahrzeugnutzung erhöht sich, neben den Betriebskosten der Strasse, der Unfallrate, dem Umwelteinfluss und der Zersiedelung, die Reisezeit. Inwiefern sich die Zunahme des Verkehrs auf die Reisezeit auswirkt, kann mit der `Rule of half` berücksichtigt werden. Kurzfristig profitiert der Nutzer von der maximalen Reisezeitreduktion (vgl. Reisezeit). Durch die Steigerung der Attraktivität erhöht sich jedoch die Verkehrsmenge bei gleichbleibenden Randbedingungen. Diese Anpassung geschieht theoretisch solange bis der effektive Nutzen des Fahrzeugs dem der anderen Verkehrsmittel entspricht (Equilibrium). Folglich beträgt die effektive Reisezeiteinsparung aller Verkehrsteilnehmer der Hälfte des maximalen Werts zu Beginn über die Zeit bis das Equilibrium erreicht wird. Nach dem Erreichen dieses Gleichgewichtzustandes beträgt die Reisezeit bei gleichbleibenden Randbedingungen wieder die Dauer vor dem Bau des Parkplatzes (ΔReisezeit = 0).

Nutzen oder Kosten
Die Veränderung der Verkehrsmenge beeinflusst einzelne Nutzen- und Kostenelemente, kann aber selber nicht als solches eingestuft werden.

Betriebskosten Strasse

Die Betriebskosten der Strassen variieren anhand deren Beanspruchung durch den Verkehr. Steigt somit die Reisezeit und die Anzahl an Fahrzeugen, müssen zu einem früheren Zeitpunkt Unterhaltsarbeiten, Ersatzmassnahmen und Reparaturen an jeglichen Bestandteilen (Signalisation, Belag usw.) durchgeführt werden. Dies führt zu höheren Kosten im Betrieb der Strassen. Für Richtwerte wird auf die VSS-Norm SN 641 826 verwiesen. Zudem

beeinträchtigen die temporären Arbeiten vorübergehend die Verkehrsteilnehmer inklusive deren Reisezeit mit den entsprechenden Folgeauswirkungen.

Nutzen oder Kosten
Die Erhöhung der Betriebskosten wird als Kosten eingestuft. Eine Kostenreduktion ist ein Ressourcengewinn des Betreibers (Staat) und somit negative Kosten.

Zeitpunkt
Die Veränderung der Betriebskosten Strasse ist in jedem Jahr zu berücksichtigen.

Unfälle

Die Unfallrate steigt durch die höhere Anzahl gefahrener Kilometer. Die dabei entstehenden Unfallkosten können mit der VSS-Norm SN 641 824 abgeschätzt werden. Dabei kann für ein kleineres Projekt, wie der Bau eines Parkplatzes, das vereinfachte Verfahren angewendet werden. Dieses kategorisiert das Gebiet in inner- und ausserorts und schätzt die unterschiedlichen Kostenansätze für Unfall-, Verletzten- und Getötetenrate mit Berücksichtigung einer Dunkelziffer und externen Kosten ab. Während die Abschätzung der Unfallkosten über die Veränderung der Fahrzeugkilometer bei den bestehenden Strassen ausreichend ist, würde das Verfahren die Unfallkosten der Zufahrt und Parkfläche aufgrund der höheren Übersichtlichkeit und tieferen Geschwindigkeit überschätzen. Es kann daher ein geschätzter Korrekturfaktor von 0.2 - 0.5 verwendet werden.

Nutzen oder Kosten
Die Reduktion der Unfallkosten führt zu einem Ressourcengewinn der Benutzer und ist somit als Nutzen einzustufen. Sind die Kosten höher im Vergleich zum Referenzfall handelt es sich um einen negativen Nutzen.

Zeitpunkt
Die Kosten infolge Unfälle sind in jedem Jahr zu berücksichtigen.

Umwelt

Neben den Umweltauswirkungen durch die Bereitstellung des Parkplatzes (Bodenversiegelung, Landschafts- und Ortsbild, Energieproduktion, Wärmeinseleffekt, Strassenabwasser), wird die Umwelt auch durch den Verkehr beeinträchtigt. Lärm, Luftverschmutzung und Auswirkungen auf das Klima sind einige davon. Eine Lärmerhöhung durch den Mehrverkehr beeinträchtigt die Lebensqualität und Gesundheit von Mensch und Tier. Auch die Luftverschmutzung wirkt sich negativ auf die Gesundheit aus. Zudem schadet sie der Vegetation, wie auch dem Zustand von Gebäuden (Renovations-, Reparaturkosten). Die

Klimaerwärmung durch den Ausstoss von Treibhausgasen führt zu weltweiten Extremereignissen wie Überschwemmungen, Wirbelstürmen o.Ä., die mit enormen Zusatzkosten verbunden sind (SN 641 828, 2009). Für die genannten Auswirkungen kann die VSS-Norm SN 641 828 für die Ermittlung der Kosten verwendet werden.

Nutzen oder Kosten
Die Reduktion der negativen Umweltauswirkungen führt zu einem Ressourcengewinn der Allgemeinheit und ist somit als Nutzen einzustufen. Sind die Kosten höher im Vergleich zum Referenzfall handelt es sich um einen negativen Nutzen.

Zeitpunkt
Die Kosten infolge Umweltbelastung sind in jedem Jahr zu berücksichtigen.

Gesundheit

Die Gesundheit wird durch verschiedene Faktoren beeinträchtigt. In erster Linie sind diese Auswirkungen durch die Beeinträchtigung der Umwelt zu erwarten. Sei es die Luft, das Grundwasser oder das Klima, schlussendlich führt dies zu einer Veränderung der Lebensgrundlage des Menschen. Dadurch verändert sich deren Lebensqualität und führt zu erhöhten Gesundheitskosten. Während einzelne Auswirkungen die lokale Bevölkerung betreffen (Landschafts- und Ortsbild, Wärmeinseleffekt, Erholungsgebiet usw.), sind auch globale Auswirkungen in Form von Klimaerwärmung möglich.

Nutzen oder Kosten
Die Reduktion der Gesundheitskosten führt zu einem Ressourcengewinn der Allgemeinheit und ist somit als Nutzen einzustufen. Sind die Kosten höher im Vergleich zum Referenzfall handelt es sich um einen negativen Nutzen.

Zeitpunkt
Die Gesundheitskosten sind in jedem Jahr zu berücksichtigen.

Zersiedelung

Die Siedlungsentwicklung wird unter anderem durch das Verkehrskonzept des Gebiets gesteuert. Dabei spielt die Attraktivität der Transportmittel (Netzwerk, Erschliessung, Reisezeit) eine entscheidende Rolle. Ist ein ausgeprägtes und funktionierendes Netzwerk der öffentlichen Verkehrsmittel vorhanden, ist deren Nutzung mit weniger Reisezeit und effektiven Kosten für den Nutzer verbunden. Dasselbe Prinzip gilt für den motorisierten Individualverkehr dessen Attraktivität durch die reduzierten effektiven Kosten (Reisezeit, Betriebskosten usw.) steigt. Als Folgeauswirkung zieht die Bevölkerung in die Agglomeration. Die erhöhte Reisezeit

wird durch das bessere Nutzen-Kosten-Verhältnis (Mietpreis, Ruhe, Luftqualität usw.) kompensiert. Dies resultiert in einer Veränderung diverser Nutzen- und Kostenelemente von der Reisezeit bis zur Bodenversiegelung.

Nutzen oder Kosten

Die Zersiedelung beeinflusst einzelne Nutzen- und Kostenelemente, aber kann selber nicht als solches eingestuft werden. Es soll lediglich den Zusammenhang mit der Siedlungsentwicklung und –struktur aufzeigen.

4 Ergebnisse

4.1 Nutzen- und Kostenelemente

4.1.1 Parkplatz

Tabelle 30 gibt einen Überblick über die relevanten Nutzen- und Kostenelemente, die mit der Bereitstellung des Parkplatzes direkt zusammenhängen. Das genaue Vorgehen für die Ermittlung der Kosten pro Parkfeld wie auch die Spannbreiten der einzelnen Ausführungsmöglichkeiten werden im Kapitel 3.2.1 sowie im Anhang A1 erläutert. Bei der Ermittlung der prozentualen Kostenanteile wurde eine statische Signalisation berücksichtigt. Dabei wurden folgende Punkte erkannt:

- Die einmaligen Erstellungskosten (Bau und Installation) setzen sich in erster Linie aus den Baukosten, Kosten für Beleuchtung und Bewirtschaftung (Parkuhr) zusammen. Dafür ist auch der höchste Anteil der Personalkosten anzurechnen.

- Die jährlichen Betriebs- und Unterhaltskosten bestehen zu einem Grossteil aus den Personalkosten für Reinigung, Bewirtschaftung der Parkuhr und Sicherheit.

- Die dynamische Signalisation hat einen grossen Einfluss auf die Kosten (Installation und Betrieb). Ihr Nutzen kommt im `System Parkplatz` zu tragen.

- Die Auswirkungen auf die Umwelt können stark voneinander abweichen und müssen daher ortsspezifisch beurteilt werden.

- Eine Sensitivitätsanalyse ist für die Elemente durchzuführen, die einen hohen Kostenanteil aufweisen (Baukosten, Beleuchtung, Bewirtschaftung, Reinigung und Personalkosten).

- Die Kosten überwiegen den Nutzen für die Bereitstellung des Parkplatzes. Es fällt lediglich ein Nutzen bei den Einnahmen der Parkgebühren an. Der Hauptanteil des Nutzens kann durch die Aktivität und positive Veränderung des Verkehrs erzielt werden.

- Die Auswirkungen der jährlichen Kosten sind über den Betrachtungszeitraum um einiges höher als die einmaligen Bau- und Installationskosten einzustufen (ca. Faktor Betrachtungsdauer/2).

Tabelle 30 Überblick Nutzen- und Kostenelemente `Parkplatz`

Bereich	Element	Zuteilung	Zeitpunkt	Kosten [CHF/PF]	Anteil[1] [%]
Bau	Baukosten	Kosten	Bauphase, einmalig	1’500	8.18
	Restwert	Neg. Kosten	Ende Zeitraum, einmalig	3’900	100
	Landkosten	Kosten	Bauphase, einmalig/jährlich	-[2]	-
	Entwässerung	Kosten	Bauphase, einmalig	900	4.91
	Personalkosten Bau	Kosten	Bauphase, einmalig	5’500	29.99
Installation	Beleuchtung	Kosten	Bauphase, einmalig	3’100	16.90
	Markierung	Kosten	Bauphase, einmalig	40	0.22
	Statische Signalisation	Kosten	Bauphase, einmalig	600	3.27
	Dynamische Signalisation	Kosten	Bauphase, einmalig	152’000	-[1]
	Bewirtschaftung	Kosten	Bauphase, einmalig	3’200	17.45
	Personalkosten Installation	Kosten	Bauphase, einmalig	3’500	19.08
	Totale Kosten (ohne dyn. Signalisation)	Kosten	Bauphase, einmalig	18’340	100
	Totale neg. Kosten	Neg. Kosten	Ende Zeitraum, einmalig	3’900	100
Betrieb	Grünpflege	Kosten	Nutzungsphase, jährlich	400	4.48
	Schneeräumung	Kosten	Nutzungsphase, jährlich	600	6.72
	Reinigung	Kosten	Nutzungsphase, jährlich	3’200	35.83
	Ersatz	Kosten	Nutzungsphase, nach Lebensdauer	-[2]	-
	Reparatur	Kosten	Nutzungsphase, jährlich	-[2]	-
	Beleuchtung	Kosten	Nutzungsphase, jährlich	30	0.34
	Dynamische Signalisation	Kosten	Nutzungsphase, jährlich	6’500	-[1]
	Bewirtschaftung	Kosten	Nutzungsphase, jährlich	3’200	35.83
	Personalkosten Sicherheit	Kosten	Nutzungsphase, jährlich	1’500	16.80
	Parkgebühr	Nutzen	Nutzungsphase, jährlich	3’300	100
	Totale Kosten (ohne dyn. Signalisation)	Kosten	Nutzungsphase, jährlich	8’930	100
	Totaler Nutzen	Nutzen	Nutzungsphase, jährlich	3’300	100
Umwelt	Bodenversiegelung	Neg. Nutzen	Bau- und Nutzungsphase, jährlich	-[3]	-
	Landschafts- und Ortsbild	Neg. Nutzen	Bau- und Nutzungsphase, jährlich	-[3]	-
	Energieproduktion	Neg. Nutzen	Bau- und Nutzungsphase, jährlich	-[3]	-
	Wärmeinseleffekt	Neg. Nutzen	Bau- und Nutzungsphase, jährlich	-[3]	-
	Strassenabwasser	Neg. Nutzen	Bau- und Nutzungsphase, jährlich	-[3]	-

[1] Die dynamische Signalisation wurde aufgrund dessen hohen Kostenanteils bewusst nicht berücksichtigt. Der prozentuale Anteil wurde mit der statischen Signalisation ermittelt.

[2] Für eine Abschätzung des Richtwerts werden Referenzwerte benötigt. Das Element wird im entsprechenden Kapitel besprochen.

[3] Die Auswirkungen auf die Umwelt wurde im Abschnitt `Umwelt` besprochen und dessen Zusammenhänge aufgezeigt. Aus zeitlichen Gründen konnten keine Monetarisierungsansätze entwickelt werden.

4.1.2 System Parkplatz

Tabelle 31 gibt eine Zusammenstellung der wichtigsten Elemente im Bereich `System Parkplatz` wieder. Es wird deutlich, dass die Reisezeitveränderung die Verbindungsstelle zum Bereich `Parkplatz` darstellt. Durch die Bereitstellung reduziert sich die Reisezeit von Nutzer und Verkehrsteilnehmer. Die anderen Elemente sind Folgeauswirkungen. Aus diesem Grund ist die Reisezeitveränderung eine Kernkomponente der Kosten-Nutzen-Analyse. Sie wird stark beeinflusst durch die potentielle Zunahme des Verkehrs über die Zeit und das Parkleitsystem. Die Folgeauswirkungen können vielseitig und komplex sein (vgl. Abb. 2). Dabei beschreibt der Modalsplit die Verbindungsstelle zu anderen Verkehrsmitteln, die durch die Nachfrageverschiebung betroffen sind und die Zersiedelung die Verbindung zur Siedlungsentwicklung. Neben der Reisezeitveränderung ist die zusätzliche Abstellmöglichkeit und dabei entstehende Aktivität, eine weitere wichtige Kernkomponente. Sie ermöglicht generell die Nutzung des Fahrzeugs und somit die Erreichbarkeit eines Gebiets in einer sinnvollen Zeit. Je nach Lage des Parkplatzes beeinflusst sie zudem Dienstleistungen, Unternehmen (Arbeitgeber) oder das soziales Umfeld. Dabei profitieren neben den Nutzern und Betroffenen auch der Staat durch erhöhte Steuereinnahmen und weitere positiven Nebeneffekte (Wirtschaft, Zufriedenheit etc.). Somit fallen die entscheidenden Nutzenelemente (Aktivität, Reisezeit mit positiven Folgeauswirkungen) im Bereich `System Parkplatz` und somit während der Nutzungsphase an.

Tabelle 31 Überblick Nutzen- und Kostenelemente `System Parkplatz`

Element	Beschrieb
Aktivität	Die Aktivität beschreibt die Abstellmöglichkeit des Fahrzeugs und die dabei entstehende Aktivität für Arbeit, Einkauf oder Freizeit.
Reisezeit	Die Reisezeit ist die ausschlaggebende Komponente der verkehrsbezogenen Auswirkungen. Dabei reduziert sich die Reisezeit der Nutzer durch die nähere Abstellmöglichkeit zum Reiseziel und der Reduktion der Suchzeit mit positiven Folgeauswirkungen auf andere Verkehrsteilnehmern.
Betriebskosten Fahrzeuge	Umso kürzer die Nutzungsdauer und besser das Fahrverhalten, umso tiefer sind die Betriebskosten des Fahrzeugs. Daher wird es stark durch die Reisezeit beeinflusst.
Attraktivität	Durch die reduzierten Kosten (Reisezeit, Betrieb) wird die Attraktivität der Fahrzeugnutzung gesteigert.
Modalsplit	Die Veränderung der Attraktivität resultiert in einer Verschiebung des Verkehrsmittelanteils. Der Langsamverkehr und ÖV-Anteil wird normalerweise kleiner, wenn die Attraktivität des MIVs steigt.
Verkehr	Der induzierte Verkehr durch die Erhöhung der Attraktivität führt zu einer Erhöhung der Reisezeit und beeinflusst somit alle Nutzen- und Kostenelemente im `System Parkplatz`.
Betriebskosten Strasse	Bei einer Reduktion des Verkehrs fallen die Unterhaltsarbeiten der Strassen inklusive deren Zusatzelemente (Signalisation etc.) später an. Im Endeffekt ist mit tieferen Kosten zu rechnen.
Unfälle	Bei einer Reduktion des Verkehrs ist die Unfallrate als tiefer einzustufen. Dadurch reduzieren sich die Unfallkosten und negativen Auswirkungen auf die Gesundheit.
Umwelt	Lärm, Luftverschmutzung und Auswirkungen auf das Klima werden durch den Verkehr bestimmt. Wird der Verkehr reduziert, wird die Umwelt weniger beeinträchtigt.
Gesundheit	Durch die verschiedenen Auswirkungen auf die Umwelt, verändert sich der Gesundheitszustand der Bevölkerung. Dies resultiert in einer Veränderung der Gesundheitskosten und Lebensqualität.
Zersiedelung	Die Veränderung der Verkehrssituation hat einen Einfluss auf die Siedlungsentwicklung und Zersiedelung des Gebiets, die wiederum den totalen Verkehr mit dessen Auswirkungen beeinflusst.

4.2 Vergleich mit VSS-Norm SN 641 820

4.2.1 Vorgehen

Das grundlegende Vorgehen der Kosten-Nutzen-Analyse ist identisch (vgl. Kapitel 2.3). Zu Beginn wird das Projekt definiert, um geeignete Rahmenbedingungen für die Beurteilung zu besitzen. Dabei wird der Referenzfall festgelegt, Varianten gebildet, wie auch der Betrachtungszeitraum und Untersuchungsraum definiert. Sind die Rahmenbedingungen bekannt, werden projektspezifisch die Nutzen- und Kostenelemente analysiert, monetarisiert und auf einen gewählten Zeitpunkt auf- bzw. abgezinst. Dabei kann vom selben Diskontsatz ausgegangen werden. Mit Hilfe von verschiedenen Sensitivitätsanalysen werden anschliessend die unterschiedlichen Annahmen und Unsicherheiten auf Robustheit überprüft. Abschliessend können die resultierenden Ergebnisse dargestellt und interpretiert werden. Sie dienen dabei als zusätzliche Information bei der Entscheidungsfindung.

4.2.2 Projektdefinition

Die Projektdefinition kann anhand der VSS-Norm SN 641 820 durchgeführt werden. Unterschiede bei der Durchführung sind keine zu erwarten, da die Norm ein allgemein gültiges Vorgehen beschreibt. Als Ausnahme gilt dabei die Festlegung des Betrachtungszeitraums (siehe Tab. 32). Während die Norm eine Nutzungsphase von 40 Jahre vorschlägt, wird für einen Parkplatz eine Dauer von 25 Jahren empfohlen. Diese Anpassung basiert in erster Linie auf der Annahme, dass eine kürzere Betrachtungsdauer für ein kleines Projekt, wie der Parkplatz, als ausreichend beurteilt wird. Bei grösseren Projekten (Parkhäuser) mit grösseren zu erwartenden Auswirkungen kann die Betrachtungsdauer auf bis zu 40 Jahre erweitert werden.

Tabelle 32 Vergleich des Betrachtungszeitraums

Dauer [Jahre]	Norm[1]	Parkplatz
Planungs-, Projektierungs- und Bauphase	Für jede Variante geschätzt	1
Nutzungsphase	40	25

Quelle: [1]VSS-Norm SN 641 820, 2006

4.2.3 Nutzen- und Kostenelemente

Für die Beurteilung der Auswirkungen wurde die Definition für Nutzen und Kosten gemäss Norm verwendet. Dadurch können die Nutzen- und Kostenelemente miteinander verglichen werden (siehe Tab. 33). Es wird festgestellt, dass sich die Norm auf die Veränderungen durch den Verkehr fokussiert. Dabei werden Elemente wie z.B. Reisezeit, Betriebskosten, Umwelteinflüsse beurteilt und genauer beschrieben. Da die verkehrsbasierten Auswirkungen grundsätzlich bei jedem Projekt anhand Kennwerten ermittelt werden können, ist ein genaues Wert- und Mengengerüst vorgegeben. Andere projektspezifische Elemente wie z.B. die Bau- und Betriebskosten werden relativ oberflächlich beschrieben, um alle möglichen Projekte im Strassenverkehr abzudecken. In diesem Bereich sind die Hauptunterschiede zur Empfehlung für den Parkplatz zu finden. Während die Norm für die Auswirkungen durch den Verkehr als Grundlage dient (vgl. `System Parkplatz`), werden die spezifischen Elemente und deren Folgeauswirkungen für den Parkplatz in dieser Arbeit ausgearbeitet. Dies beinhaltet eine quantitative Kostenangabe für die einzelnen Bestandteile des Parkplatzes, eine Beurteilung des zusätzlichen Nutzens (Aktivität, Parkgebühr), wie auch eine Berücksichtigung von spezifischen Einflussgrössen wie z.B. die Parkplatzbewirtschaftung oder Signalisation mit deren Folgeauswirkungen. Da diese Nutzen- und Kostenelemente einen ausschlaggebenden Einfluss am endgültigen Nettobarwert haben, können sie nicht vernachlässigt werden. Folglich wird eine spezifische Kosten-Nutzen-Analyse für den Parkplatz benötigt, um den effektiven Nutzen beurteilen zu können. Dies wird für die Bereitstellung des Parkplatzes durch die Angabe quantitativer Richtwerte ermöglicht.

Tabelle 33 Unterschiede der Nutzen- und Kostenelemente

	Norm[1]	Parkplatz
Fokus	Verkehr	Erstellung
Bauphase	Ja	Evtl. vernachlässigbar

Quelle: [1]VSS-Norm SN 641 820, 2006

5 Schlussfolgerung

Diese Arbeit zeigt die Zusammenhänge wichtiger Nutzen- und Kostenelemente für die Beurteilung des effektiven Nutzens eines Parkplatzes auf. Aufgrund der Komplexität der einzelnen Auswirkungen mit den weitreichenden Einflussfaktoren wurde das Betrachtungsgebiet eingeschränkt. Der Bereich `Parkplatz`, der sich mit den Auswirkungen durch die Bereitstellung des Parkplatzes befasst, konnte zu einem detaillierten Grad bearbeitet werden. Trotzdem fehlen Ansätze und Folgeauswirkungen vor allem im Zusammenhang mit der Umwelt, um eine noch genauere Kosten-Nutzen-Analyse durchzuführen. Trotz dieser Ungenauigkeiten, Verwendung von abgeleiteten Richtwerten für die Beurteilung der Elemente und grundlegenden Annahmen bei der Monetarisierung kann ein möglicher Nettobarwert als Richtwert für die Beurteilung eines Projekts und als Zusatzinformation bei der Entscheidungsfindung genutzt werden. Um jedoch die Aussagekraft der Kosten-Nutzen-Analyse zu erhöhen und einen brauchbaren Nettobarwert, der den effektiven Nutzen bestmöglich wiedergibt, zu erhalten, werden folgende Schritte benötigt:

- Die hergeleiteten Referenzwerte der einzelnen Elemente basieren auf einzelnen Projekten oder Erfahrungswerten. Durch eine Sammlung von relevanten Referenzprojekten können diese besser abgeschätzt und projektspezifischer beurteilt werden. Eine interkantonale Datenbank wird benötigt.

- Verschiedene relevante Elemente verfügen über keine Monetarisierungsansätze und können daher ungenügend berücksichtigt werden. Speziell zu erwähnen ist hierbei die Aktivität, die ein signifikanter Anteil des Nutzens des Parkplatzes ausmacht. Aus diesem Grund sind Ansätze zu entwickeln.

- Die Zusammenhänge im Bereich `System Parkplatz` wurden aufgezeigt und thematisiert. Sie wurden jedoch nicht detailliert ausgearbeitet. Um einen aussagekräftigen Nettobarwert zu erhalten, sind diese zu berücksichtigen. Die bestehende VSS-Norm SN 641 820 kann dabei vor allem für verkehrsbezogene Auswirkungen als Grundlage dienen.

Schlussfolgernd hält der Autor fest, dass eine Kosten-Nutzen-Analyse für den Parkplatz eine Möglichkeit wäre, um den mit der Baupflicht einhergehende Bodenverbrauch zu minimieren und das Parkplatzangebot am effektiven Nutzen zu beurteilen. Nichtsdestotrotz fehlt zurzeit die notwendige Grundlage für eine brauchbare Analyse. Ein strukturiertes Vorgehen bezüglich Aufbau einer Datenbank und Herleitung der fehlenden Ansätze und Methoden für die Beurteilung der Elemente wird benötigt, braucht aber zu Beginn viel Zeit und Geld. In Zukunft würde man davon jedoch profitieren.

6 Literatur

6.1 Titelbild

Schmidt, S. (2016) Parkplatz-Graben spaltet die Schweiz, https://www.tagesanzeiger.ch/schweiz/standard/ParkplatzGraben-spaltet-die-Schweiz/story/24908520, Tages-Anzeiger, Zürich.

6.2 Text

Aeschbacher, R. et al. (2014) Wartung und Unterhalt, Empfehlung für Gemeindebehörden und Beleuchtungsbetreiber, Topstreetlight, Zürich.

Abteilung Wasser (2016) Der Vierwaldstättersee, Zustand bezüglich Wasserqualität, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern.

Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft AWEL (2009) Versickerung des Regenwassers, Grünflächen in Industrie- und Gewerbearealen doppelt nutzen, Baudirektion Kanton Zürich, Zürich.

Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft AWEL (2013) Richtlinien und Praxishilfe Regenwasserentsorgung, Baudirektion Kanton Zürich, Zürich.

Axhausen, K.W., M. Chikaraishi und H. Seya (2015) Parking – Learning from Japan, Arbeitsbericht Verkehrs- und Raumplanung, 1095, IVT, ETH Zürich.

Baudirektion Kanton Zürich (1997) Wegleitung zur Regelung des Parkplatz-Bedarfs in kommunalen Erlassen, Kanton Zürich, Zürich.

Boardman, A.E., Greenberg, D.H., Vining, A.R. und Weimer D.L. (2001) Cost – Benefit Analysis, Concepts and Practice, Prentice Hall, Upper Saddle River.

Bundesamt für Energie BFE (2016) Effiziente Strassenbeleuchtung mit LED, Energie Schweiz, Bern.

Bundesamt für Statistik BfS (2017) Infrastruktur und Streckenlänge, https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/mobilitaet-verkehr/verkehrsinfrastruktur-fahrzeuge/streckenlaenge.html, 14. November 2017.

Bundesamt für Statistik BfS (2017) Strassenfahrzeuge – Bestand, Motorisierungsgrad, https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/mobilitaet-verkehr/verkehrsinfrastruktur-fahrzeuge/fahrzeuge/strassenfahrzeuge-bestand-motorisierungsgrad.html, 21. November 2017.

Bundesversammlung der Schweizer Eidgenossenschaft (1979) Bundesgesetz über die Raumplanung RPG (Stand: 01.11.2012), Bundesrat, Bern.

Bürkel, P., Stauber M. (2006) Entwässerung von Parkplätzen, Bericht, Winterthur.

Ecoplan (2007) Externe Kosten im Strassenverkehr, Grundlagen zur Durchführung einer Kosten-Nutzen-Analyse, Forschungsbericht, Bern.

Eidgenössische Elektrizitätskommission ElCom (2017) Strompreis, https://www.strompreis.elcom.admin.ch/Start.aspx, 24. November. 2017.

Gemeinde Küsnacht (1994) Bau- und Zonenordnung BZO (Stand: 01.12.2014), Gemeinde Küsnacht, Küsnacht.

Gloor, R. (2011) Energieeffizienz im Parkhaus, http://www.energie.ch/parkhaus, 17. November 2017.

Gutmann, M. (2010) Kosten-/Nutzenbetrachtung, Ökobilanz der Behandlung von Strassenabwasser, Forschungsarbeit im Auftrag des VSS und praktische Anwendung der Methodik, Fachtagung Strassenabwasser, Bern.

Hofstetter, M. et al. (2010) Baukosten der häufigsten Langsamverkehrs-infrastrukturen, Plausibilisierung für die Beurteilung der Agglomerationsprogramme Verkehr und Siedlung, Bundesamt für Strassen ASTRA, Bern.

Hüssy, R. (2007) Fahrbahnmarkierungen als Führungslinien, Vortrag SISTRA Fachtagung vom 22.11.2007.

Kanton Solothurn (1978) Kantonale Bauverordnung KBV (Stand: 01.03.2013), Kanton Solothurn. Solothurn.

Kanton Zürich (1975) Planungs- und Baugesetz PBG (Stand: 01.03.2017), Kanton Zürich, Zürich.

Kanton Zürich (2017) Winterdienst, Einsätze und Salzverbrauch im Winterdienst (16/17), https://tba.zh.ch/internet/baudirektion/tba/de/unterhalt_betrieb/winter_sommer/winterdienst.html, 24. November. 2017.

Korby, W. et al. (2014) Fundamente Geographie, Urbane Geoökosysteme, Ernst Klett Verlag, 1.Auflage, Stuttgart.

OLMeRO AG (2017) Parkplatz bauen: Das kann ein neuer Abstellplatz kosten, https://www.renovero.ch/tipps/garten-terrasse-balkon/parkplatz-bauen-kosten, 24. November. 2017.

Planungsbüro Jud und Metron (2011) Wirtschaftliche Bedeutung von Parkplätzen in der Stadt Zürich, Schlussbericht, Tiefbauamt der Stadt Zürich, Zürich.

Schmid, U. (2017) Neue Parkuhr Sprite bezieht künftige Anforderungen mit ein, Taxomex AG, Lausanne.

Schumacher, L. (2013) 163'000 Franken für neue Parkuhren in Wohlen, Aargauer Zeitung, Wohlen.

Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2013) SN 640 281: Parkieren, Angebot an Parkfeldern für Personenwagen, VSS, Zürich.

Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2006) SN 640 291a: Parkieren, Anordnung und Geometrie der Parkierungsanlagen, VSS, Zürich.

Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2009) SN 640 347: Strassenentwässerung, Belastung von Strassenabwasser, VSS, Zürich.

Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2006) SN 641 820: Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr, Grundnorm, VSS, Zürich.

Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2009) SN 641 822a: Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr, Zeitkosten im Personenverkehr, VSS, Zürich.

Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2007) SN 641 823: Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr, Zeitkosten im Güterverkehr, VSS, Zürich.

Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2013) SN 641 824: Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr, Unfallraten und Unfallkostensätze, VSS, Zürich.

Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2009) SN 641 825: Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr, Bewertung und Abschätzung der Zuverlässigkeit, VSS, Zürich.

Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2008) SN 641 826: Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr, Kosten des betrieblichen Unterhalts von Strassen, VSS, Zürich.

Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2009) SN 641 827: Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr, Betriebskosten von Strassenfahrzeugen, VSS, Zürich.

Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2009) SN 641 828: Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr, Externe Kosten, VSS, Zürich.

SETON Division (2017) Aussenanlagen und Parkplätze, http://www.seton.ch/11/Aussenanlagen-und-Parkplaetze/, 23. November. 2017.

Shoup, D. (2011) The High Cost of Free Parking, Planners Press, Chicago.

Stadt Aarau (2007) Bericht und Antrag an den Einwohnerrat, Parkleitsystem (PLS), Ausrüstung der städtischen Parkings mit Zählanlagen, Stadtrat Aarau, Aarau.

Stadt Zürich (2017) Flächenreinigung, Preise für Privatpersonen und Unternehmen, https://www.stadt-zuerich.ch/ted/de/index/entsorgung_recycling/sauberes_zuerich/flaechenreinigung.html, 24. November. 2017.

SwissBauCo GmbH (2009) Lebensdauer Bauteile und Bauteilschichten, Schweizer Baucontrolling, Kanzlei für Gutachten im Bauwesen, Kloten.

Taxomex AG (2017) Parkuhren, eliteLS, Dietikon.

Taxomex AG (2017) Parkuhren, TOMeco, Dietikon.

Verwaltungsgemeinschaft Nabburg (2016) Erläuterungen zum Erfassungsbogen Versiegelungsflächen, Stadt Nabburg, Nabburg.

Victoria Transport Policy Institute (2017) Chapter 5.4 Parking Costs in Transportation Cost and Benefit Analysis: Techniques, Estimates and Implications, Victoria Transport Policy Institute, Victoria (Canada).

Widmer, P. et al. (2016) Einfluss des Parkierungsangebotes auf das Verkehrsverhalten und den Energieverbrauch, Forschungsprojekt SVI, Bundesamt für Strassen ASTRA, Bern.

Anhang

A1 Berechnung Kosten pro Parkfeld

Für die Ermittlung eines möglichst exakten Richtwerts für die Bestimmung der Kosten pro Parkfeld des jeweiligen Nutzen- oder Kostenelements wurde wie in den Tabellen 34 - 36 beschrieben vorgegangen. Die Idee dabei war einen einzelnen Wert zu evaluieren, der für eine Kostenabschätzung der Elemente ausreichend ist. Die Spannbreiten für eine bereits detailliertere Abschätzung mit gewissen Projektvorkenntnissen sind in denselben Tabellen gegeben. Dabei kann erkannt werden, welche Werte stark variieren können und welche sich eher konstant verhalten. Die Personalkosten wurden abgeschätzt und können sich dadurch je nach Gegebenheiten stark unterscheiden. Sie stellen aber einen wichtigen Bestandteil der Kosten dar. Grundsätzlich wurde bei der groben Wertermittlung der Mittelwert aller Möglichkeiten verwendet. Besteht jedoch eine Abhängigkeit zwischen den Kosten pro Parkfeld und der gesamten Parkfelderanzahl wurde mit der Formel (siehe jeweiliger Abschnitt) die Kosten für 1 - 20 Parkfelder bestimmt und gemittelt. Diagramm 1 gibt dieses Vorgehen anhand des Beispiels für die Parkuhr mit einem Einzelwert von 14’800 CHF wieder (siehe Tab. 15). Der verwendete Wert beträgt somit 3’157 CHF/PF und spiegelt ca. die Kosten bei 4.5 Parkfeldern wieder. Somit kann ein grober Richtwert ermittelt werden ohne in Abhängigkeit der Parkfelderanzahl zu stehen. Die leichte Erhöhung bei 11 Parkfeldern ist aufgrund der zusätzlichen Parkuhr zu erklären (Annahme: Eine Parkuhr pro zehn Parkfelder). Wird ein Wert bei gegebener Anzahl Parkfeldern benötigt, wird auf die Spannbreiten gemäss den Tabellen 34 - 36 und die Formeln verwiesen. Bei mehr als 20 Parkfeldern nehmen die Kosten pro Parkfeld ab. Dadurch dient der Richtwert als konservativer Wert.

- Formel Parkuhr

$$\text{Kosten}\left[\frac{\text{CHF}}{\text{PF}}\right] = \frac{14'800 * \left\lceil\frac{\text{Anzahl PF}}{10}\right\rceil}{\text{Anzahl PF}}$$

Während die 14’800 CHF die ungefähren Kosten einer Parkuhr wiedergeben, legt der zweite Term dessen Anzahl fest. Dabei runden die `Klammern` den Inhalt auf die nächste ganze Zahl auf. Dividiert durch die Anzahl Parkfelder ergibt schlussendlich die Kosten pro Parkfeld.

Diagramm 1 Wertermittlung Parkuhr

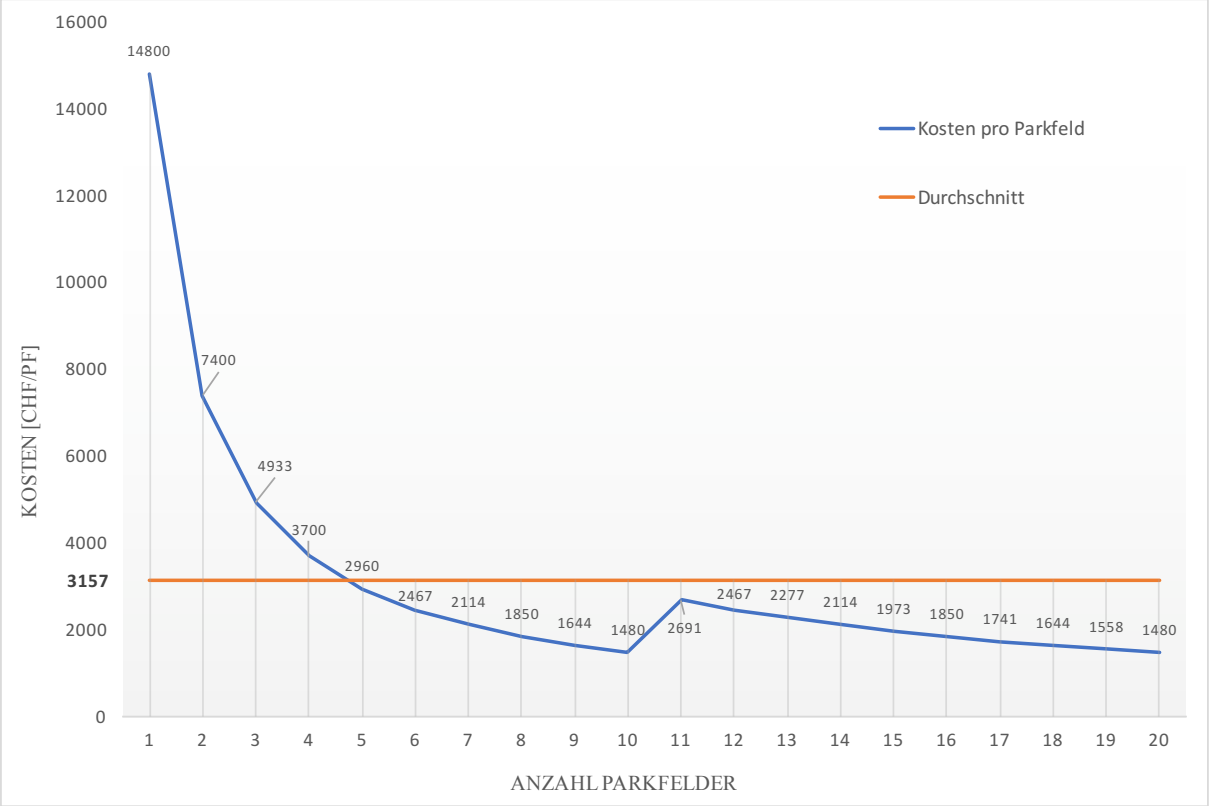


Tabelle 34 Berechnung Richtwerte Bereich Bau: Kosten pro Parkfeld [CHF/PF]

Typ	Min.	Max.	Wert	Kommentar
Baukosten[1]			**1'414**	Mittelwert
Humusierte Grünfläche	390	585	488	
Humusierte Versickerungsmulde	585	780	683	
Rasengittersteine	1'950	2'340	2'145	
Verbund- und Sickersteine	2'145	2'925	2'535	Baukosten pro Parkfeld gemäss Tabelle 4 mit einem Zuschlag für Genehmigungen, Projektierung und Planung von 35% resp. 15% für Reserven (Faktor: 1.5)
Schotterrasen	975	1'170	1'073	
Kiesplatz	780	975	878	
Chaussierung	975	1'170	1'073	
Asphalt	2'145	2'730	2'438	
Restwert*			**3'887**	Summe bei einem Betrachtungszeitraum von 25 Jahren
Humusierte Grünfläche			390	Annahme: 80% erhalten
Rasengittersteine			1'073	Lebensdauer: 50 Jahre[2]
Asphalt			1'828	Lebensdauer: 20 Jahre[3] (erneuert)
Entwässerung			578	Lebensdauer: 75 Jahre[3]
Beleuchtung			868	Lebensdauer: 35 Jahre[2]
Stat. Signalisation			292	Lebensdauer: 50 Jahre
Dyn. Signalisation			0	Lebensdauer: 25 Jahre
Parkuhr			1'052	Lebensdauer: 15 Jahre[4] (erneuert)
Markierung			0	Lebensdauer: 5 Jahre[5]
Landkosten			**-**	Referenzwerte benötigt
Entwässerung			**867**	Mittelwert
Direkte Versickerung			0	
Ableitung Bankett, Oberflächengewässer	520	780	650	Mittelwert (vgl. Tab. 7)
Einleitung Kanalisation	1'560	2'340	1'950	Mittelwert
Personalkosten Bau	1'000	10'000	**5'500**	Mittelwert

Quellen: [1]AWEL, 2009 (Quadratmeterpreise), [2]SwissBauCo GmbH, 2009, [3]VSS-Norm SN 641 820, 2006 [4]Schmid, 2017, [5]Hüssy, 2007

* Der Restwert wurde auf einen Betrachtungszeitraum von 25 Jahren ermittelt. Dabei wurde er anhand der verbleibenden Lebensjahre (siehe Tab. 6) prozentual vom jeweiligen Bau- resp. Installationswert bestimmt. Beim Belag wurde vom Durchschnittswert von einer humusierten Grünfläche, Rasengittersteinen und Asphalt ausgegangen, um kostengünstigere wie auch teurere Belagsarten zu berücksichtigen.

Tabelle 35 Berechnung Richtwerte Bereich Installation: Kosten pro Parkfeld [CHF/PF]

Typ	Min.	Max.	Wert	Kommentar
Beleuchtung*			**3'037**	Mittelwert
Längsparkfelder	7'500	10'500[1]	3'058-4'282	Gemäss Formel (4), Mittelwert von 1-20 Parkfelder für min. und max. Kosten
Schräg- und Senkrechtparkfelder	7'500	10'500[1]	2'003-2'805	Gemäss Formel (5), Mittelwert von 1-20 Parkfelder für min. und max. Kosten
Markierung			**41**	Mittelwert (vgl. Tab. 10)
Längsparkfelder			40	
Schrägparkfelder			44	
Senkrechtparkfelder			38	
Stat. Signalisation	245	2'800	**583**	Gemäss Formel (6), Mittelwert von 1-20 Parkfelder
Dyn. Signalisation			**151'925**	Mittelwert (mit Durchschnitt der Zählanlagen)
Parkleitsystem	32'552	643'402	116'069	Gemäss Formel (7), Mittelwert von 1-20 Parkfelder
Schrankenanlagen	8'917	169'514	30'874	Gemäss Formel (8), Mittelwert von 1-20 Parkfelder
Laser-Mess-Sensoren	2'190	22'615	4'982	Gemäss Formel (9), Mittelwert von 1-20 Parkfelder
Bewirtschaftung			**3'157**	
Parkuhr	1'480	14'800	3'157	Gemäss Formel (10), Mittelwert von 1-20 Parkfelder
Personalkosten Installation	2'000	5'000	**3'500**	Mittelwert

Quelle: [1]ASTRA, 2010

*Für die Ermittlung des Richtwerts der Beleuchtung wurden die Formel (4) für den minimalen und maximalen Kostenwert gemäss Tabelle 8 verwendet. Aus diesem Grund wird eine Spannbreite als Wert angegeben.

Tabelle 36 Berechnung Richtwerte Bereich Betrieb: Kosten pro Parkfeld [CHF/PF*a]

Typ	Min.	Max.	Wert	Kommentar
Grünpflege			**328**	
Personalkosten			278	Annahme: 1 x pro Monat, 15 Minuten, Kostenansatz 92.65 CHF/h[1]
Material/Maschinen			50	
Schneeräumung			**582**	
Personalkosten			232	Annahme: 10 x pro Jahr, 15 Minuten, Kostenansatz 92.65 CHF/h[1]
Strassenreinigung und Winterdienst			50.7	
Material/Maschinen			300	
Reinigung			**3'167**	
Personalkosten			1'300	Annahme: 1 x pro Woche, 15 Minuten, Kostenansatz 92.65 CHF/h[1]
Strassenreinigung			47.45	
Material/Maschinen			1'820	
Ersatz*			**-**	Betrachtungsdauer 25 Jahre
Asphalt			2'438	1 x Ersatz (Lebensdauer: 20 Jahre[2])
Parkuhr			3'157	1 x Ersatz (Lebensdauer: 15 Jahre[3])
Reparatur			**-**	Referenzwerte benötigt, je nach Element nicht jährlich
Beleuchtung			**25**	
Stromkosten**	15	114	20-30	Gemäss Formel (5) für Senkrechtparkfelder und Entladungslampen, Mittelwert von 1-20 Parkfelder für min. und max. Kosten
Dyn. Signalisation			**6'500**	
Betrieb und Unterhalt	1'813	36'013	6'488	Gemäss Formel (11), Mittelwert von 1-20 Parkfelder
Stromkosten**	3	80	9-15	Lineare Abschätzung, Mittelwert von 1-20 Parkfelder für min. und max. Kosten
Bewirtschaftung			**3'173**	
Personalkosten**	500	20'000	1'067-4'267	Gemäss Formel (10), Mittelwert von 1-20 Parkfelder für min. und max. Kosten
Stromkosten**	2	30	4-7	Gemäss Formel (10), Mittelwert von 1-20 Parkfelder für min. und max. Kosten
Reisezeit Fuss			500	
Parkgebühr			3'285	Annahmen: 365 Tage, Fahrzeugumschlag 4.5, Einnahmen 2 CHF/Fzg.
Personalkosten Sicherheit			**1'500**	

Quellen: [1]Stadt Zürich, 2007, [2]VSS-Norm SN 641 820, 2006, Tabelle 4 [3]Schmid, 2017

* Die Ersatzkosten wurden zur Illustration des Vorgehens für den Asphaltbelag und die Parkuhr ermittelt. Sie geben lediglich einen Richtwert der zu erwartenden Kosten wieder. Es ist zu beachten, dass die Kosten jeweils an unterschiedlichen Jahren anfallen (nach Lebensdauer) und somit über verschiedene Zeitperioden abgezinst werden müssen. Zudem sind die spezifischen Personalkosten zu berücksichtigen.

**Für die Ermittlung des Richtwerts der Personalkosten (Bewirtschaftung) wurden die Formel (10) für den minimalen und maximalen Kostenwert gemäss Abschnitt `Bewirtschaftung (Parkgebühr)` verwendet. Aus diesem Grund wird eine Spannbreite als Wert angegeben.